THÈSE

présentée

pour l'obtention du titre

de DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ de PARIS

(mention Sciences)

à l'UNIVERSITÉ de PARIS VI

Spécialité : minéralogie

par

Henri-Jean SCHUBNEL

Sujet de la Thèse :

Contribution à l'étude des pierres précieuses et autres gemmes

Soutenue le 24 Avril 1972 devant la commission composée de

Président :	*M. J. WYART*
Examinateurs :	*M. H. CURIEN*
	M. A. AUTHIER
Invités :	*M. C. GUILLEMIN*
	M. M. FONT-ALTABA

THÈSE

présentée

pour l'obtention du titre

de DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ de PARIS

(mention Sciences)

à l'UNIVERSITÉ de PARIS VI

Spécialité : minéralogie

par

Henri-Jean SCHUBNEL

Sujet de la Thèse :

Contribution à l'étude des pierres précieuses et autres gemmes

Soutenue le 24 Avril 1972 devant la commission composée de

Président :	*M. J. WYART*
Examinateurs :	*M. H. CURIEN*
	M. A. AUTHIER
Invités :	*M. C. GUILLEMIN*
	M. M. FONT-ALTABA

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

- REMERCIEMENTS -

- J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur Claude Guillemin, Directeur du Service géologique national qui m'a accueilli avec bienveillance en 1962 au B.R.G.M. et sans qui ce travail n'aurait pas été possible.

- J'exprime également ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur Hubert Curien, Directeur général du C.N.R.S. qui a bien voulu diriger cette thèse à l'université de Paris VI°.

- Je remercie très vivement Monsieur le Professeur Jean Wyart, membre de l'Institut et Monsieur le Professeur André Authier qui m'ont permis de réaliser une partie de mes recherches au sein de leur équipe du laboratoire de cristallographie de l'université de Paris VI°.

- Je remercie également très vivement Monsieur Jean Vandier, membre de l'Institut, Monsieur le Professeur Fabriès et Monsieur Sainfeld qui ont bien voulu faciliter mes recherches dans les réserves ; du musée du Louvres, du Muséum national d'histoire naturelle et du musée de l'Ecole nationale supérieure des Mines.

- Que Mademoiselle Vollenweider et Mademoiselle Level veuillent bien trouver ici mes sincères remerciements pour les nombreuses et longues discusions que nous avons eues lors de nos réunions à la Bibliothèque nationale.

Et que Messieurs D. Piat, J. Mantienne, Halfon et Kraitsowitch soient assurés de ma profonde reconnaissance pour avoir bien voulu prélever en place dans les gisements d'Australie, d'Afrique et d'Asie bon nombre de gemmes nécessaires à mes études.

Je remercie bien amicalement mes chers collègues Messieurs A. Zarka, P. Picot, R. Giraud, R. Caye qui m'ont aidé très efficacement dans la réalisation de ce travail. Je remercie également Mademoiselle Joseph, Mademoiselle Casanueva, Messieurs Pasdeloup et Castagné pour leur aimable et patiente collaboration.

Je ne saurais oublier de remercier Messieurs O. Horon, J. Goni, R. Pierrot, P. Piana et J.P. Audoyer qui ont grandement facilité l'élaboration de ce travail au B.R.G.M., ainsi que Messieurs J. Agard, J. Cassedanne, et C. Levy qui ont bien voulu me faire part de leurs observations.

Enfin, je remercie particulièrement tous mes collègues de l'Institut national de Gemmologie, de l'Association française de Gemmologie et de la Conférence internationale de Gemmologie pour les nombreuses informations qu'ils ont bien voulu me communiquer.

-o-

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549217_0019

- SOMMAIRE -

Page

INTRODUCTION

DEFINITIONS..... 1
NOMENCLATURE..... 1
CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE DES MINERAUX ET DE LEURS VARIETES LE PLUS SOUVENT EMPLOYES COMME GEMMES..... 5

PREMIERE PARTIE

ECONOMIE DES PIERRES PRECIEUSES..... 10
VALEUR, REFUGE ET PLACEMENT..... 12
ESTIMATION DES PRODUCTIONS CUMULEES..... 13
PRODUCTIONS ANNUELLES, MARCHE..... 18
VALEUR RELATIVE DES PIERRES PRECIEUSES..... 27
AVENIR DES PIERRES PRECIEUSES..... 36

MUSEOLOGIE DES PIERRES PRECIEUSES..... 37
LE PLUS GRAND DE TOUS LES TRESORS..... 41
LES TRESORS DES ANCIENS MAHARAJAHS..... 44
Musées d'Europe..... 50
Musées d'Afrique..... 64
Musées d'Asie..... 65
Musées d'Amérique..... 67

DEUXIEME PARTIE

PRINCIPAUX GISEMENTS DE PIERRES PRECIEUSES..... 72
I - Le diamant..... 78
II - L'émeraude..... 93
III - Le rubis..... 104
IV - Le saphir..... 106
V - Les principaux gisements de pierres fines et décoratives..... 117

TROISIEME PARTIE

IDENTIFICATION DES GEMMES..... 134
AUTHENTIFICATION DES GEMMES..... 135
I - Les inclusions rencontrées dans les gemmes..... 138
Les inclusions rencontrées dans les diamants..... 142
Les inclusions dans les rubis..... 144
Les inclusions dans les saphirs..... 147
Les inclusions dans les béryls..... 153
Les inclusions rencontrées dans d'autres gemmes..... 155
GEOCHIMIE DES INCLUSIONS DANS LES CORINDONS GEMMES..... 158
II - Etude des défauts de cristallisation de quelques béryls et corindons gemmes naturels et artificiels..... 165

BIBLIOGRAPHIE..... 174

-o-

INTRODUCTION

DEFINITIONS - NOMENCLATURE - CLASSIFICATION

-o-

DEFINITIONS

Les gemmes sont des minéraux utilisés pour la parure ou la décoration en raison de leur beauté et de critères physiques tels que l'inaltérabilité et la dureté qui leur permettent de conserver cette beauté une fois taillés, polis et sertis sur les montures.

Parmi les gemmes, l'usage veut que l'on distingue sous le nom de pierres précieuses le diamant, l'émeraude, le saphir et le rubis, les autres gemmes étant appelées pierres fines.

On peut encore distinguer des pierres fines : les pierres décorative ou d'ornementation lorsqu'elles servent surtout à la fabrication de statuettes et autres objets précieux sans qu'il y ait entre pierres fines et pierres décoratives de frontières bien définies, une améthyste, par exemple, pouvant tout aussi bien être taillée à facette lorsqu'elle est limpide, ou être gravée en statuette, ou même en cendrier lorsqu'elle est de grande taille et trop givrée pour être taillée à facette.

NOMENCLATURE

De nombreux articles, livres, publicités, comportent de graves erreurs de nomenclature concernant les pierres précieuses et les autres gemmes (pierres fines et décoratives). Cela est bien regrettable car de nos jours existent toute une série de textes extrêmement clairs. Nous croyons qu'il est utile de signaler qu'il est toujours préférable de se référer à une nomenclature issue d'une convention internationale plutôt que de consulter tel ouvrage ancien ou tel livre actuel, produit de compilation donnant une information dépassée.

Avant la dernière guerre, on appelait encore "rubis" le spinelle ou la tourmaline (rubis balais, rubis du Brésil), et le rubis était désigné comme "rubis oriental". Comme bien d'autres possibilités de confusion existaient pour la topaze, l'améthyste ou le saphir, il est

bien évident que, de nos jours, de multiples raisons de cet ordre nous ont conduit à désigner exactement les gemmes d'après les espèces minéralogiques auxquelles elles appartiennent. Récemment, nous avons encore lu des textes actuels où d'anciennes appellations fautives étaient réemployées. Ce n'est que par souci d'exactitude que les spécialistes ont rejeté certaines appellations équivoques qui conduisent par exemple à appeler "rubis oriental" un rubis qui peut provenir de Tanzanie, ou encore "émeraude du Brésil" une tourmaline verte extraite à ... Madagascar ! Alors que l'on trouve de vraies émeraudes au Brésil et qui ont, elles, parfaitement le droit d'être qualifiées "émeraudes du Brésil" puisqu'il s'agit d'une provenance.

Décret du ministère de l'agriculture

Le décret français du ministère de l'agriculture n° 68-1089 du 29 novembre 1968 porte règlement d'administration publique pour l'application de la loi du 1er août 1905 modifiée sur la répression des fraudes et des falsifications en ce qui concerne le commerce des pierres précieuses et des perles.

En voici quelques articles extraits du Journal Officiel du 4 décembre 1968 :

Article premier : Les dispositions du présent décret sont applicables à l'exportation, la détention en vue de la vente, la mise en vente et la vente :

1° Des pierres précieuses, à savoir les diamants, rubis, saphirs et émeraudes naturels ;

2° Des diamants, rubis, saphirs et émeraudes naturels dont la couleur a été modifiée artificiellement ;

3° Des diamants, rubis, saphirs et émeraudes synthétiques ou artificiels ;

4° Des imitations de pierres précieuses ;

5° Des perles fines ;

6° Des perles de culture ;

7° Des imitations de perles fines et de perles de culture, quels que soient l'origine et la provenance des dits objets et l'emploi auquel ils sont destinés.

Article 2 : La dénomination "diamant" ne peut désigner que le carbone cristallisé dans une structure cubique ou pseudo-cubique présentant, quelle que soit sa couleur, toutes les propriétés physiques et chimiques de l'espèce minérale naturelle "diamant".
Les dénominations "rubis" et "saphir" ne peuvent désigner que l'oxyde d'aluminium cristallisé dans la structure cristalline de l'espèce minérale naturelle "corindon" (alpha $Al_2 O_3$). La dénomination "rubis" est réservée au corindon rouge ; la dénomination "saphir" sans indication de couleur est réservée au corindon bleu.
Les corindons d'une couleur autre que rouge ou bleue peuvent être désignés sous la dénomination "saphir" à la condition que cette dénomination soit immédiatement suivie de l'indication de leur couleur.
La dénomination "émeraude" ne peut désigner que le cyclo-silicate de béryllium et d'aluminium de couleur verte, cristallisé dans la structure cristalline de l'espèce minérale naturelle "béryl" $[Be_3 Al_2 (Sio_6 O_{18})]$ contenant divers ions alcalins dans ses canaux structuraux et dont la colaration verte est due principalement à une faible substitution isomorphique d'ions chrome à des ions d'aluminium dans sa structure cristalline.

Article 3 : Les termes "diamants", "rubis", "saphir" et "émeraude" employés seuls ou suivis du qualificatif "naturel", "véritable" ou "fin" sont réservés aux diamants, rubis, saphirs et émeraudes formés dans les gîtes naturels d'où ils ont été extraits et qui n'ont subi d'autres interventions de l'homme que la taille et le polissage.

Article 4 : Il est interdit de qualifier de "naturels", "véritables" ou "fins" les diamants, rubis, saphirs et émeraudes qui ne remplissent pas les conditions visées à l'article 3 par suite de la modification de leur couleur par traitement physique, chimique ou physico-chimique, notamment par exposition à des radiations nucléaires ou par application d'un enduit.
Ils peuvent toutefois être désignés sous les dénominations de "diamant", "rubis", "saphir" et "émeraude" à la condition expresse que cette dénomination soit suivie immédiatement de l'indication que la couleur qu'ils présentent provient d'une modification artificielle de leur couleur naturelle.

Article 5 : Le corps obtenu par l'effet d'une cristallisation ou recristallisation totalement ou partiellement provoquée par l'homme, quelles que soient la matière de base et la méthode utilisées, ne peut prendre la dénomination de la pierre précieuse à laquelle il correspond dans toute sa masse par ses propriétés physiques et chimiques que si cette dénomination est immédiatement suivie du mot "synthétique" ou "artificiel".
Si la dénomination donnée au corps obtenu par une telle cristallisation ou recristallisation est différente de celle d'une pierre précieuse, cette dénomination doit être immédiatement suivie de la mention "produit synthétique" ou "produit artificiel".
L'emploi d'un autre qualificatif que "synthétique" ou "artificiel" est interdit pour désigner les pierres obtenues par cristallisation ou recristallisation totalement ou partiellement provoquée par l'homme.

Article 6 : Le mot "imitation" doit accompagner immédiatement le nom de la pierre imitée pour tous les produits n'ayant qu'un rapport d'aspect avec les pierres visées aux articles 3, 4 et 5 du présent décret.

Article 11 : Dans chaque local, partie de local ou vitrine où il n'est pas présenté uniquement des pierres précieuses et des perles fines ou des bijoux ne comportant que des pierres précieuses et des perles fines, une pancarte, très visible, doit renseigner immédiatement le public sur la nature des objets proposés.
Si des bijoux composés de plusieurs pierres ou perles ne comportent pas uniquement, en plus de leur monture, des pierres précieuses ou des perles fines ou un assemblage de ces objets, une étiquette très visible, attenante à chaque bijou, doit indiquer le détail de sa composition.
Tout bijou délivré à l'acheteur doit être accompagné d'un bulletin ou d'une étiquette spécifiant la nature exacte des différentes perles et pierres montées sur ce bijou, à moins que ces précisions ne soient entièrement données par une facture.

Convention internationale

Une commission spéciale de la confédération internationale de la bijouterie, joaillerie, orfévrerie, des diamants, perles et pierres s'est réunie plusieurs fois à Zurich et à Paris.

Une plaquette publiée en 1970 par le C.I.B.J.O. donne des définitions et dispositions d'application également très claires. Voici un bref extrait concernant les pierres précieuses, fines et décoratives :

A1 "Les pierres précieuses, fines et décoratives sont des minéraux et des roches formés dans des gisements naturels sans l'intervention de l'homme".

... et un autre définissant les pierres synthétiques :

B1.1 "Les pierres synthétiques sont des produits cristallisés ou recristallisés, dont la fabrication par tout procédé a été provoquée totalement ou partiellement par l'homme". Leur composition chimique, leur structure cristalline et/ou, leurs propriétés physiques correspondent à celles des pierres naturelles qu'elles copient.

CLASSIFICATION SYSTEMATIQUE DES MINERAUX ET DE LEURS VARIETES LE PLUS SOUVENT EMPLOYES COMME GEMMES

Pour des raisons les plus diverses, le nombre des noms de minéraux s'est multiplié tout au long de l'histoire. A l'époque actuelle, la littérature minéralogique comporte encore quelques 12 000 noms alors que 5 000 suffiraient amplement. Naturellement, les minéralogistes modernes éliminent peu à peu les "créations spontanées" que tel ou tel auteur des siècles passés avait employées dans ses livres. Simplifier la nomenclature n'est pas chose facile, surtout lorsqu'il s'agit de choisir un seul nom pour

chaque minéral. Et de telles décisions ne pouvaient être prises que par l'I.M.A., organisme international officiel, où chaque pays est représenté par un spécialiste dûment mandaté par son association nationale. Le résultat des votes est émis sous forme de recommandation adressée aux auteurs, conservateurs de musée et enseignants divers qui sont amenés à utiliser la nomenclature minéralogique. Il est évident que ces décisions ne peuvent s'appliquer du jour au lendemain, surtout en ce qui concerne les étiquettes des musées, où, en raison du nombre immense d'objets exposés, elles ne sont rectifiées que bien des années après, à l'occasion de réorganisation ou de nouveaux inventaires.

Pour ne citer qu'un exemple célèbre, le spinelle rouge "Côte-de-Bretagne" figure sous l'étiquette "rubis" dans la galerie d'Apollon au Musée du Louvre.

Pour les noms de pierres précieuses et autres gemmes, le ministère de l'agriculture, dans la circulaire ministérielle n° 143 du 25 mai 1938, rappelle que : "... toutes les appellations qui y sont prescrites doivent correspondre à la vérité scientifique, toutes les appellations ne concordant pas avec ce principe fondamental sont à écarter..." et le décret n° 68-1089 du 29 novembre 1968 portant règlement d'administration publique pour l'application de la loi du 1er août 1905 est également appuyé sur la vérité scientifique la plus rigoureuse.

Ainsi, est admis définitivement dans le commerce ce que la plupart des gemmologistes et minéralogistes souhaitaient : que le rubis et le saphir soient des variétés de corindon et que l'émeraude soit une variété de béryl, ce qui éliminera progressivement, mais définitivement, de la littérature, une grande quantité de synonymes désormais inutiles et qui souvent pouvaient s'appliquer à plusieurs minéraux ou variétés de minéraux ("rubis"-balais, "émeraude"-orientale, etc).

Il serait souhaitable dans l'avenir de ne conserver qu'un seul nom pour chaque minéral et pour chaque variété, en donnant la préférence au nom le plus ancien ou le plus connu, car on ne peut faire disparaître

de la littérature scientifique des mots que la "littérature" a consacrés depuis deux ou trois mille ans ! C'est pour cela que des noms de variétés (d'origine antique) ont été maintenus par les grands minéralogistes actuels. De même que l'émeraude qui ne désigne maintenant qu'une variété vert foncé de béryl, l'hyacinthe ne désigne plus que la variété rouge du zircon, et la chrysolite la variété gemme de l'olivine (le mot péridot étant un nom de groupe de minéraux dont l'olivine fait partie).

D'autres noms sont inutiles et n'ont aucune raison d'être maintenus, par exemple les noms de variété se rapportant à plusieurs minéraux à la fois : la verdite est synonyme à la fois de fuchsite, de talc et de serpentine ; la williamsite est synonyme à la fois de willémite, de chrysotile selon quelques auteurs.

STRUNZ (4ème édition) rejette les noms : bonamite, bowénite, calamine, pagodite, californite, rhodolite, iolite, utahlite, williamsite et sibérite comme étant des : "Veraltete und Wohl überflüssige Bezeichnungen" (terme désuet et tout à fait superflu). Notons que dans sa 5ème édition, il n'a pas une opinion aussi tranchée en ce qui concerne la rhodolite comme variété de pyrope, ce mot étant très employé en gemmologie pour désigner un pyrope-almandin.

Au sujet de la "sibérite", il est anormal que l'on ait commercialisé un diopside de couleur verte sous ce même nom de "sibérite" qui a été rejeté comme synonyme de la tourmaline elbaïte qui avait déjà un nom pour sa variété rouge : rubellite.

Il serait souhaitable que le verre météorique appelé moldavite soit maintenu dans la littérature comme nom de variété-gemme de tectite et que l'emploi de "moldavite" pour désigner une variété d'ozocérite soit désormais rejeté de la nomenclature. Ceci en raison de l'antériorité de la définition de ZIPPE (1837) sur celle d'ISTRATI (1897).

Le nouveau tableau, objet de notre révision, se réfère à la classification de Hugo STRUNZ "Mineralogische Tabellen", 5ème édition (1970), et, pour l'orthographe française des noms, à l'index alphabétique de nomenclature minéralogique (1968), édition B.R.G.M. Le "chemical index of minerals" de M. H. HEY du British-Museum (1955) a également été consulté pour les noms de variétés.

La première colonne mentionne les classes et les groupes importants de silicates, la seconde colonne les noms d'espèces minérales (les noms de groupes étant en italique), la troisième colonne mentionne seulement les noms de variétés employées en gemmologie ; par exemple, on ne trouvera pas les variétés non-gemmes du diamant : carbonado, bort, employées sous la dénomination de "diamant industriel". La quatrième colonne ne mentionne que quelques appellations anciennes et synonymes dont la plupart ont fait l'objet d'une mesure de rejet (1, 2 et 3).

1° Nom rejeté par un vote de la commission des nouveaux noms et des noms de minéraux de l'association internationale de minéralogie, en vue de simplifier la nomenclature :
   1a) Congrès de Zurich (1959) et de Copenhague (1960).
   1b) Congrès de Washington (1962).
   1c) Congrès de Cambridge (1964).

2° Nom rejeté en France : circulaire ministérielle n° 143 du 25 mai 1938. Décret n° 68-1089 du 29 novembre 1968 (ministère de l'agriculture).

3° Mineralogische Tabellen.
   3a) Vieux nom maintenu comme nom de variété d'un seul minéral.
   3b) Nom inutile rejeté.

CLASSIFICATION MINÉRALOGIQUE DES GEMMES

(Liste non limitative)

CLASSE	MINERAL	VARIETE (VARIETES GEMMES)	APPELLATIONS ANCIENNNES ET SYNONYMES INUTILES
I. CORPS NATIFS	DIAMANT		
II. SULFURES	SPHALERITE		BLENDE (1b)
	CHALCOPYRITE		PYRITE DE CUIVRE
	PYRITE		
III. HALOGENURES	FLUORITE		SPATH-FLUOR
IV. OXYDES	*GROUPE DU SPINELLE*		
	SPINELLE, HERCYNITE, GAHNITE	CEYLONITE	RUBIS SPINELLE (2), RUBIS BALAIS (2)
	CHRYSOBERYL	ALEXANDRITE, ŒIL-DE-CHAT	CYMOPHANE
	CORINDON	RUBIS (3a), SAPHIR (3a)	PAPARADSCHAM (jaune-orange), TOPAZE, AMETHYSTE, EMERAUDE ORIENTALES, etc. (2)
	HEMATITE		OLIGISTE, FER SPECULAIRE (1a)
	QUARTZ	CRISTAL DE ROCHE (incolore), CITRINE (jaune), AMETHYSTE (violet), MORION (brun)	CAILLOU DU RHIN, CAIRNGORN, etc. (pour les variétés du quartz, des centaines de noms sont employés)
		microcristallisé: CALCEDOINE	
		microcristallisé: CORNALINE, SARDOINE, PRASE	
		microcristallisé: CHRYSOPRASE	
		microcristallisé: AGATE (calcédoine veinée)	
		microcristallisé: ONYX, SARDONYX	
		microcristallisé: JASPE, HELIOTROPE, etc.	
		microcristallisé: ŒIL DE TIGRE, etc.	
	OPALE	HYALITE	
	CASSITERITE		
V. CARBONATES, BORATES	SMITHSONITE		SPATH-ZINC, CALAMINE, BONAMITE (3b)
	RHODOCHROSITE		DIALOGITE (1b)
	AZURITE		CHESSYLITE (1a)
	MALACHITE		
	SINHALITE		
	HAMBERGITE		
VI. SULFATES	CELESTINE		
	BARYTE		BARYTINE (1c)
VII. PHOSPHATES, ARSENIATES	BERYLLONITE		
	AMBLYGONITE		
	LAZULITE		
	BRAZILIANITE		
	APATITE		
	VARISCITE		UTAHLITE (3b)
	SCORODITE		
	TURQUOISE		CALAITE
VIII. SILICATES, **Nésosilicates**	PHENACITE		
	GROUPE DES PERIDOTS		
	OLIVINE	CHRYSOLITE (3a) (nom de la variété gemme)	
	GROUPE DES GRENATS		
	PYROPE	RHODOLITE	
	ALMANDIN		
	SPESSARTINE		
	GROSSULAIRE	HESSONITE	
	ANDRADITE	DEMANTOIDE, MELANITE	TOPAZOLITE
	UVAROVITE		
	ZIRCON	HYACINTHE (3a), JARGON	DIAMANT DE MATURA, etc. (2)
Nésosubsilicates	EUCLASE		
	ANDALOUSITE	CHIASTOLITE	PIERRE-DE-CROIX
	DISTHENE ou CYANITE		
	TOPAZE		

CLASSE	MINERAL	VARIETE (VARIETES GEMMES)	APPELLATIONS ANCIENNNES ET SYNONYMES INUTILES
	TITANITE		SPHENE (1c)
	DATOLITE		
	KORNERUPINE		
	DUMORTIERITE		
Sorosilicates	HEMIMORPHITE		CALAMINE (1a)
	EPIDOTE	PIEMONTITE	
	ZOISITE	TANZANITE (bleue)	THULITE (rose)
	VESUVIANITE		IDOCRASE (1b), CALIFORNITE (1b)
Cyclosilicates	BENITOITE		
	AXINITE		
	BERYL	EMERAUDE (vert foncé) (3a)	GOSHENITE (incolore)
		AIGUE-MARINE (bleue)	
		MORGANITE (rose)	
		HELIODORE (jaune d'or)	
	CORDIERITE		SAPHIR D'EAU (2)
			DICHROITE, IOLITE (3b)
	GR. DES TOURMALINES		
	ELBAITE	RUBELLITE (rouge)	RUBIS DU BRESIL (2)
		INDICOLITE (bleue)	SIBERITE (rouge) (3b)
	DRAVITE		ACHROITE (incolore)
	SCHORLITE		
	DIOPTASE		
Inosilicates	*GROUPE DES PYROXENES*		
	DIOPSIDE	VIOLANE (violet-bleu)	
		CHROME-DIOPSIDE (vert)	SIBERITE (3b)
	JADEITE	JADE (jadeïtite)	
		CHLOROMELANITE	
	OMPHACITE		
	SPODUMENE	KUNZITE (rose)	
		HIDDENITE (vert foncé)	TRIPHANE
	GR. DES ORTHOPYROXENES		
	HYPERSTHENE		
	GROUPE DES AMPHIBOLES		
	TREMOLITE	NEPHRITE OU JADE-NEPHRITE	
	ACTINOTE		SMARAGDITE
	RHODONITE		
Phyllosilicates	PREHNITE		JADE DE CALIFORNIE (2)
	APOPHYLLITE		
	PYROPHYLLITE	AGALMATOLITE	PAGODITE (3b)
	TALC	STEATITE	VERDITE
	GROUPE DES SERPENTINES		
	ANTIGORITE	« VERT ANTIQUE » (roche)	BOWENITE (3b), VERDITE
	CHRYSOTILE		WILLIAMSITE (3b)
	CHRYSOCOLLE		
	FRIEDELITE		
Tectosilicates	*GROUPE DES FLEDSPATHS*		
	ORTHOCLASE	ADULAIRE	
		PIERRE DE LUNE	ORTHOSE (1b)
	MICROCLINE	AMAZONITE (verte)	PIERRE DES AMAZONES
	PLAGIOCLASES		
	OLIGOCLASE	PIERRE DE SOLEIL	
	LABRADORITE	SPECTROLITE	
	DANBURITE		
	SODALITE		
	HAUYNE		
	LAZURITE	LAPIS-LAZULI (roche)	
IX. MINERAUX ORGANIQUES	AMBRE		BIRMITE
APPENDICE			
ROCHES	LAPIS-LAZULI (avec lazurite, haüyne, sodalite...)		
	OBSIDIENNE (roche volcanique vitreuse)		
	JAIS (charbon fossile)		JAYET
METEORITES	TECTITE	MOLDAVITE (nom de la variété gemme)	

PREMIERE PARTIE

ECONOMIE ET MUSEOLOGIE DES PIERRES PRECIEUSES ET AUTRES GEMMES

-o-

ECONOMIE DES PIERRES PRECIEUSES

Objet de luxe, fortune enfouie dans le creux de la main, valeur refuge et spéculative, ou plus poétiquement cadeau de prix inaltérable et chargé de symboles, la gemme n'a cessé, depuis les premières communautés néolithiques, de susciter un très grand intérêt.

Que cet intérêt ait été motivé par des croyances magiques d'ordre prophylactique : sceau communiquant au cachet d'argile une certaine inviolobilité, oeil prophylactique des notables du proche-Orient ancien, etc ; ou qu'il ait été bassement matériel ou criminel : vol, pillage et butin de guerre constitué de préférence par des objets précieux facilement transportables et monnayables, il est indéniable que les pierres précieuses et autres gemmes ont eu de tout temps une grande importance dans l'histoire de l'humanité.

De nos jours, les pierres précieuses se placent au 9ème rang[1] des productions minières du globe et occupent plusieurs centaines de milliers de personnes (mineurs,lapidaires et joaillers). Loin de régresser face à l'évolution des moeurs et aux mutations profondes qu'elle provoque dans la vie moderne, le marché des pierres précieuses (et autres gemmes) et les activités qui s'y rattachent sont en pleine extension, et quelques faits significatifs nous montrent qu'il est probable que l'attrait de l'être humain pour les gemmes continuera quel que soit le régime politique dans lequel il vit.

---

(1) Entre les produits condensables du gaz naturel et les phosphates.

Si l'on a pu assister par le passé à un rejet des pierres précieuses considérées comme des objets de luxe et de vanité par des prédicateurs dont la rigidité intellectuelle s'accommodait mal de leur vue, ces périodes d'austérité n'ont été en général que très courtes.

Parmi les faits significatifs qui nous rassurent quant à l'avenir des productions minières de gemmes, on doit signaler en tout premier lieu l'accroîssement notable de l'intérêt du public pour les minéraux.

Sans entrer dans le détail des mécanismes psychiques qui motivent cet intérêt, on comprendra sans peine qu'un certain nombre d'hommes et de femmes veuillent préserver à tout prix et conserver pour eux un capital de beautés et de richesses naturelles inaltérables.

Dans l'Antiquité, pour se soulager de ses tentions intérieures, l'homme attribuait aux gemmes des valeurs curatives, et il pensait que leur pouvoir était encore plus fort lorsqu'on y avait gravé des signes magiques, représentations de divinités ou d'animaux symboliques. Il est remarquable que ces croyances se soient en partie maintenues pendant tout le Moyen-Age et la Renaissance (surtout en ce qui concerne les vertus curatives), quand on songe aux profondes modifications spirituelles qu'apportait le Christianisme dans l'ancien Empire romain.

L'attrait actuel pour les minéraux, et surtout pour les plus beaux et les plus inaltérables d'entre eux, les gemmes, n'est donc pas une mode passagère, mais bien un besoin intérieur de sécurité qui s'investit symboliquement dans des matières inaltérables et belles, et que l'homme charge de significations plus ou moins conscientes, et dont le contenu lui paraît bénéfique parce qu'elles sont naturelles.

On a maintes fois constaté que les énormes campagnes publicitaires, visant à persuader le public que certains produits fabriqués par l'industrie chimique sont supérieurs en beauté et qualité aux pierres naturelles, ne rencontrent qu'assez peu de sympathie. Cela s'explique très bien par

le refus d'attribuer tout contenu symbolique bénéfique à des cristaux fabriqués dans des creusets ou des autoclaves à l'échelle industrielle (aussi parfaits soient-ils). On leur préférera toujours des gemmes naturelles, même si elles contiennent quelques défauts, car les notions de "performances industrielles" paraissent de plus en plus suspectes, surtout lorsqu'elles évoquent ce qui est ressenti comme désagréable dans la société industrielle.

Autres détails significatifs très importants : on entoure les pierres précieuses d'un certain respect dans les pays de l'Est. La plupart des trésors des anciens souverains ont été conservés malgré les conditions économiques souvent très dures imposées par la dernière guerre mondiale. En U.R.S.S., les ventes publiques de pierres précieuses ont un énorme succès, on y relance l'art de la joaillerie avec création de nombreux ateliers de fabrication de bijoux et de taille de pierres précieuses. En Chine, l'art de la gravure sur pierres fines s'est heureusement maintenu et les productions actuelles de statuettes gravées sont belles.

Ce sont des professeurs chinois qui enseignent l'art de sculpter et de graver le lapis-lazuli en Afghanistan. On peut encore signaler que de très belles expositions consacrées aux gemmes remportent, dans les pays de l'Est, un grand succès, et que les exploitations minières de gemmes, et les ateliers de taille et de fabrication de bijoux continuent de fonctionner. Quoi qu'il en soit, la Glyptique et la joaillerie-bijouterie, qualifiées à tort d'Arts mineurs, sont une expression raffinée de l'art de vivre, et marquent chaque époque de leurs inaltérables témoignages.

VALEUR, REFUGE ET PLACEMENT

On parle souvent, et même trop, de placement et de "valeur refuge". Les pierres précieuses sont avant tout des oeuvres d'art dont l'homme a su découvrir la beauté en favorisant, par la taille et le polissage, le jeu des phénomènes optiques complexes qui s'élaborent au sein de leur architecture cristalline : éclat, chatoiement, scintillement multicolore, astérisme, couleur et polychroïsme. Naturellement,

la rareté des belles gemmes, surtout les pierres précieuses : diamant, rubis, saphir, émeraude très demandés sur le marché, favorise une constante augmentation de leur prix. De tout temps, les belles pierres, les beaux bijoux, et les beaux objets taillés et gravés dans des gemmes décoratives ont constitué des placements à long terme très sûrs.

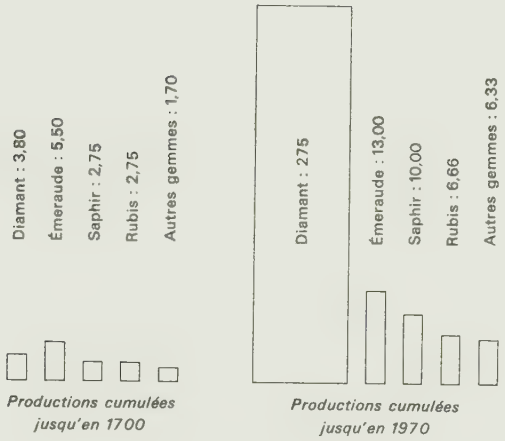
Dans certains cas, la gemme n'est que le support raffiné d'un travail de gravure très élaboré qui confère à l'objet une grande valeur artistique (camées, coupes, statuettes). Dans d'autres cas, la valeur de la gemme dépasse de beaucoup la valeur du travail, aussi élaboré soit-il ("Côte-de-Bretagne", anneau du sacre de Napoléon 1° au Louvre, par exemple). L'histoire nous parle plus souvent des pierres précieuses et des joyaux célèbres que de statues ou de peintures. Peut-être la vue d'un objet de dimension réduite force-t-elle plus l'attention qu'une oeuvre monumentale ? Toujours est-il que les diamants et joyaux des couronnes royales ont plus d'une fois servi de gage aux banquiers, en raison de leur valeur immense sous un faible volume, et que d'innombrables personnes ont été sauvées de la ruine totale grâce aux bijoux de valeur qu'elles avaient pu emporter avant de fuir un régime despotique, la guerre ou une catastrophe naturelle. Soulignons que de nombreux trésors ont été dissimulés en toute hâte face au danger, puis redécouverts plusieurs générations plus tard.

ESTIMATION DES PRODUCTIONS CUMULEES

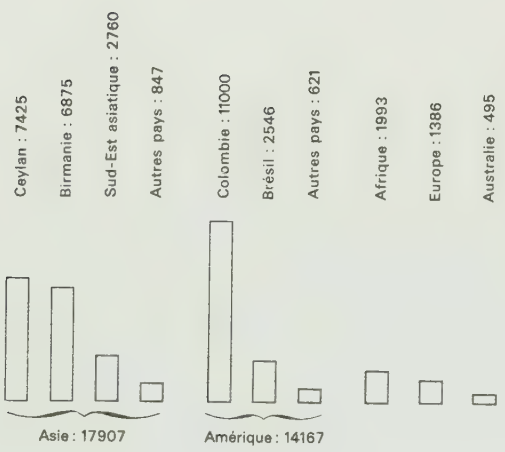
D'après nos estimations, la valeur de la quantité de pierres précieuses et autres gemmes brutes extraites dans le monde, depuis le début des exploitations, est comprise entre 290 et 330 milliards de francs 1970.

Le chiffre de 311 milliards que nous avançons n'est qu'un ordre de grandeur qui résulte de la totalisation de toutes les productions, et dont le diamant représente 88,5 %, les émeraudes, saphirs et rubis, 9,5 % environ, les 2 % restant représentant la valeur des productions de toutes les autres variétés de gemmes.

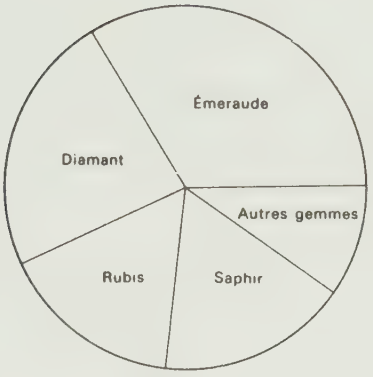
Valeur de la production mondiale de pierres précieuses
(en milliards de Francs)



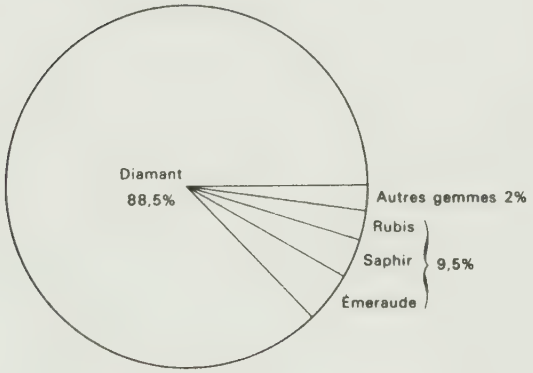
Production cumulée (diamant exclus)
répartie par continent (en millions de Francs)



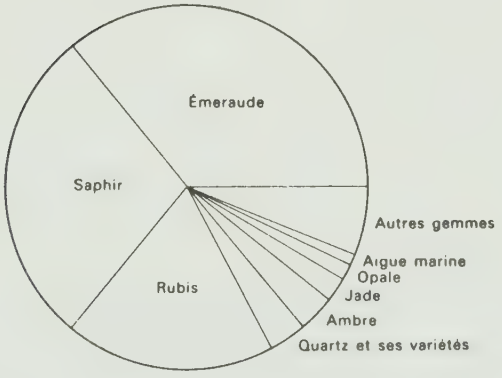
Production cumulée jusqu'en 1700 :
environ 16,5 milliards de Francs



Production cumulée jusqu'en 1970 :
environ 311 milliards de Francs



Production cumulée (diamant exclus) :
environ 36 milliards de Francs



On pourra s'étonner que cet ordre de grandeur soit très supérieur à celui avancé par R.H. JAHNS (1960), et qui était de 18,5 milliards de $.U.S. (20 milliards de $ avec les abrasifs).

L'augmentation constante de la production de diamant gemme, qui dépasse 2 500 millions de F par an depuis quelques années, n'explique évidemment pas un tel écart, même en tenant compte de la dégradation générale des monnaies et des augmentations de prix dues à une demande sans cesse plus forte sur le marché des pierres précieuses.

Notre évaluation est beaucoup plus élevée, car nous avons été amenés à reprendre ce problème en utilisant des facteurs de correction que nous expliquerons plus loin.

Les graphiques et indications donnés par R.H. JAHNS se fondaient en grande partie sur des compilations antérieures de M. MESNER (1929) et de S.H. BALL (1922). Lors de la lecture des articles de ce dernier, nous avons bien vu que le travail très précis qu'il avait effectué pour classer les valeurs de production annuelle par gemmes, pays producteur, type de gîte primaire, reposait exclusivement sur le dépouillement des revues scientifiques, minières, et de statistiques commerciales officielles. Cette méthode de travail, assez précise lorsqu'il s'agit de production de minerai facilement contrôlable, ne peut malheureusement pas être appliquée lorsqu'il s'agit de pierres précieuses représentant de grandes valeurs sous de faibles volumes.

Le vol, la fraude, tant à la production qu'à l'exportation, affectent les chiffres officiels qui sont eux-mêmes parfois globalement modifiés pour des raisons politiques ou économiques. Cela est bien connu, et l'histoire nous montre qu'il en a toujours été ainsi à toutes les époques et dans tous les pays.

D'autre part, certains pays producteurs (Inde, Thaïlande, etc) réexportent des gemmes provenant d'autres pays, après avoir fait subir aux lots de pierres brutes des opérations de sélection par qualité,

ou les avoir taillées plus ou moins sommairement de manière à donner une plus-value à certaines pierres, même si celles-ci doivent être retaillées dans les pays occidentaux où l'acheteur est plus exigeant sur la qualité et la perfection de la forme de taille.

Comme les rares statistiques officielles publiées n'indiquent qu'un volume et une valeur globale des lots de pierres brutes et de pierres taillées importées et exportées, on comprendra sans peine qu'il n'est pas possible, de l'extérieur de la profession, de discerner, au travers de ces quelques informations officielles, quel est le volume et la valeur vraisemblable de production propre à chaque pays.

Echappent aussi très souvent aux statistiques, une certaine quantité de gemmes brutes vendues aux musées et aux collectionneurs privés comme spécimens minéralogiques, en raison de leur intérêt didactique ou de la beauté de leur cristallisation. Ce marché, actuellement en pleine expansion (300 000 collectionneurs nord américains et 150 000 collectionneurs européens), est loin d'être négligeable, car ce sont les collectionneurs de minéraux qui, en plus des musées publics, absorbent la *quasi* totalité de la production mondiale des minéraux gemmes rares ou inconnus du grand public, et qui sont de ce fait, très peu taillés par les lapidaires, parce que très peu utilisés pour la parure (ce qui les exclut à peu près des circuits commerciaux traditionnels de la joaillerie).

Le phénomène inverse se rencontre aussi, et les statistiques de production des Etats-Unis deviennent, à notre avis, de plus en plus sujettes à caution, parce qu'elles entretiennent une grande confusion entre la production réelle de gemmes utilisables pour la parure et un ramassage assez volumineux d'échantillons minéralogiques appelés "gemstones" par les collectionneurs[1].

---

(1) Les livres de gemmologie les désignent comme tels lorsqu'ils ont une belle couleur ou une transparence suffisante pour être taillés.

A l'époque du grand gemmologiste G.F. KUNZ[1], les saphirs du Montana, les turquoises d'Arizona, et les gemmes des pegmatites de Californie étaient en exploitation, et les Etats-Unis étaient réellement un grand producteur de gemmes de couleur. Depuis la fermeture de ces mines, il n'y a plus dans ce pays de véritables exploitations minières de gemmes, comme nous l'a encore récemment confirmé l'US Bureau of Mine de Washington, mais seulement des ramassages de minéraux par de nombreux amateurs, dont le "hobby" est la collection, et qui, moyennant une redevance payée aux propriétaires d'affleurements minéralisés, exploitent pour leur plaisir une infinité de petits gîtes minéraux dont certains ont donné quelques échantillons pouvant être taillés, ce qui contribue à entretenir l'illusion d'une production importante à la simple lecture des chiffres publiés, et à allonger indéfiniment la liste des gisements de minéraux "gemmes" des Etats-Unis, liste qui est en fait purement qualitative et minéralogique.

Les quelques reprises d'exploitation qu'on observe sporadiquement ne servent qu'à alimenter le commerce en échantillons minéralogiques, et sont toujours de dimensions très modestes par rapport aux exploitations des autres pays producteurs[2].

Pour des raisons bien différentes, la production de diamant brut de quelques pays d'Afrique est aussi surévaluée. De nombreux spécialistes pensent en particulier que les chiffres donnés pour la production de la République du Congo (Brazzaville) sont bien supérieurs à la production réelle de ce pays, et qu'à la production locale doit venir s'ajouter une certaine quantité de lots de diamants en provenance de pays limitrophes où le commerce est moins facile.

---

(1) Dont les principaux articles ont été publiés entre 1892 et 1928.

(2) Les estimations de la production d'opale mexicaine sont également surévaluées par les revues nord-américaines, il s'agit surtout d'échantillons vendus aux touristes et qui ne sont pas toujours de qualité suffisante pour être taillés.

Ces quelques exemples nous montrent que l'on doit tenir compte d'un certain nombre de facteurs psychologiques tels que : le climat politique et économique, la fiscalité, les moeurs commerciales, qui sont variables pour chaque pays.

Parmi les autres facteurs de correction dont nous avons tenu compte pour revoir les évaluations antérieures, figure l'examen, chez les lapidaires et dans les musées, d'un grand nombre de lots de gemmes brutes afin d'en déterminer la valeur moyenne.

Les lots les plus intéressants que nous ayons rencontrés étaient ceux, conservés dans les vieilles collections de minéralogie, qui étaient accompagnés d'utiles renseignements tels que : l'année de la découverte, l'année de l'entrée en collection (parfois à la fin du 18° siècle), le lieu et le nom de celui qui les avait recueillis sur place, etc.

L'examen d'un très grand nombre de gemmes antiques, de bijoux et d'objets d'art déposés dans les musées et Trésors nous a également été très utile (plus d'un million d'échantillons minéralogiques, de gemmes et d'objets travaillés examinés à ce jour).

Malgré toutes les informations sérieuses en notre possession, notamment celles que nous avons reçues à l'intérieur des milieux professionnels, nous sommes parfaitement conscients des faiblesses de notre étude, dont une partie, trop importante à notre gré, repose sur des déductions peut-être très vraisemblables, mais souvent invérifiables pour un certain nombre de raisons (trésors dissimulés ou perdus, productions incontrôlées ou tenues secrètes, etc).

C'est pour cela que les valeurs que nous allons donner ne sont que des ordres de grandeur et non des valeurs précises de production cumulées des principaux gisements mondiaux de pierres précieuses et autres gemmes[1], car nous savons que pour parvenir à un degré de précision légèrement supérieur, il nous aurait fallu employer des moyens considérables, et vraiment hors de proportion avec les quelques résultats supplémentaires escomptés.

---

(1) Voir carte des principaux gisements mondiaux de pierres précieuses et autres gemmes, B.R.G.M., 1969.

Ces valeurs sont indiquées le plus souvent en Francs 1970 et correspondent à un prix moyen des gemmes brutes avant la taille. Nous avons tenu compte, dans le calcul de ce prix moyen, de la valeur actuelle des pierres exceptionnelles dont on peut vérifier l'existence dans les trésors et les musées, et qui, dans certain cas, peuvent faire augmenter sensiblement la valeur de ces différentes productions minières.

PRODUCTIONS ANNUELLES, MARCHE

Le volume des importations de diamants et autres gemmes livrés à la consommation intérieure des Etats-Unis permet de se faire une idée de l'importance des productions mondiales réelles. On remarquera sur le tableau 2 et en tenant compte des pertes de poids occasionnées par la taille[(1)], que ce pays a importé en 1966 et 1967 plus de la moitié des diamants gemmes extraits ces années-là dans le monde (du moins en équivalence, 7 à 8 millions de carats valant à peu près 2 500 millions de francs). On remarquera aussi que le prix moyen par carat des diamants bruts sélectionnés pour la taille (467 et 561 F par carat) est assez proche de celui des pierres taillées (627 et 660 F) ; et que celui des émeraudes taillées (124,8 et 148,5 F) est comparable à celui des émeraudes déclarées à l'exportation au Brésil en 1967 et 1968 (110 et 154 F par carat).

Il est dommage que les poids des rubis et saphirs importés ne soient pas indiqués : on peut cependant avoir une idée de l'importance des productions mondiales de ces deux gemmes en examinant les chiffres publiés à Bangkok, plaque tournante du commerce international des pierres précieuses de couleur. Le tableau 4 montre que le volume des saphirs taillés dans ce pays est très important mais que les valeurs indiquées doivent être interprétées avec prudence, car il n'est guère probable qu'un prix moyen de saphir ou d'émeraude taillés puisse réellement correspondre à 1,65 et 0,55 F le carat, que ce soit à l'importation comme à l'exportation. Malgré certaines invraissemblances, ce tableau donne tout de même quelques informations très utiles.

---

(1) Les pertes de poids dues à la taille sont en moyenne de l'ordre de 65 % pour des bruts sélectionnés de bonne qualité.

En ce qui concerne les productions brésiliennes, les chiffres officiels publiés sont tellement éloignés de la réalité qu'il ne nous paraît pas utile de les reproduire en détail.

I - PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE DIAMANT DE JOAILLERIE

d'après : Mineral Yearbook, 1968 ; et pour 1970,
d'après : Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft

PAYS PRODUCTEURS	1966 (en carats)	1967	1970
République Sud-africaine	2 485 000	2 100 000	2 596 500
Sud Ouest africain	1 583 000	1 700 000	2 056 000
U.R.S.S.	1 200 000	1 400 000	2 700 000
Angola	964 000	1 000 000	1 305 000
Sierra Leone	629 000	600 000	400 000
Tanzanie	474 000	494 000	300 000
Liberia	343 000(1)	353 000(1)	620 000
République du Congo (Braz.)	300 000(2)	300 000(2)	-
République du Congo (Kinsh.)	15 000	263 000	350 000
Ghana	282 000	254 000	300 000
République centre-africaine	270 000	260 000	150 000
Brésil	150 000(3)	160 000(3)	95 000(4)
Côte-d'Ivoire	110 000	105 000	107 250
Vénézuela	42 000	38 000	304 150(5)
Guyanne Britannique	37 000	38 000	22 000
Guinée	21 000	20 000	22 500
Inde	2 000	6 000	7 000
Indonésie	2 000	2 000	4 000

(1) Dont une certaine partie provient de la Sierra Leone.

(2) Dont la majorité provient en réalité du Congo Kinshasa.

(3) 200 000 carats selon d'autres sources.

(4) Probablement beaucoup plus.

(5) Une certaine partie vient probablement du Brésil.

2 - *IMPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1966 ET 1967 PAR LES ETATS-UNIS*

(d'après : Mineral Yearbook, 1968)

GEMMES	1966		1967	
	(1000 Ct)	(1000 $)	(1000 Ct)	(1000 $)
Diamant				
brut sélectionné	2 032	208 039	2 506	212 902
taillé non monté	1 452	165 737	1 455	174 570
Emeraude				
taillé non monté	218	5 994	242	5 518
Rubis et saphir				
taillé non monté		7 163		5 685
Autres gemmes				
brut		2 483		4 900
taillé		4 972		6 539
divers		320		270
TOTAL DES IMPORTATIONS en 1966 = 394 709 000 ; en 1967=410 384 000				

3 - *IMPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1968 PAR LES ETATS-UNIS*

(d'après : Mineral Fact and Problems, 1970)

GEMMES	(1000 $)
Diamant	
brut	252 653
taillé	222 478
Emeraude	
taillé	10 644
Autres gemmes	
brut	5 063
taillé	19 258
TOTAL DES IMPORTATIONS EN 1970 = 510 096 000	

4 - IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1969 PAR LA THAILAND

(d'après : Mineral Trade Notes, et recalculé en francs)

GEMMES	IMPORTATIONS (1)		EXPORTATIONS (1)	
	carats	francs	carats	francs
Diamant				
brut	83 097	283 800	-	-
Emeraude				
brut	193 315	1 026 000	4 000	5 170
taillé	19 157	10 900	1 254	53 110
Rubis				
brut	133 055	14 190	386 354	403 150
taillé	126	5 000	262 265	16 802 000
Saphir				
brut	17 990 117	10 450 000	2 039 312	1 980 000
taillé	573 483	275 000	11 475 886	18 315 000
Zircon				
brut	-	-	56 797	376 600

(1) Certaines valeurs indiquées paraissent vraiment très faibles.

Il est cependant intéressant de comparer le chiffre global des importations de l'Allemagne Fédérale en provenance du Brésil pour 1968[1] (325 tonnes de gemmes et pierres ornementales brutes déclarées : 15 370 800 F) avec le chiffre donné la même année pour l'ensemble des exportations brésiliennes de gemmes et pierres brutes : 10 067 500 F (571 tonnes d'agate et 440 tonnes de gemmes diverses[2]). On peut voir qu'en poids, l'Allemagne a importé cette année-là un peu moins du tiers de la production brésilienne, et que la valeur de ces importations est beaucoup plus élevée que la valeur de l'ensemble (déclaré) des exportations de ce pays.

Le tableau 5 donne d'autres indications sur l'importance de certaines productions dont l'Allemagne Fédérale est l'un des plus gros acheteurs, surtout pour les pays qui n'exportent traditionellement qu'une espèce de gemme et dont ils sont, par surcroît, les plus importants producteurs : c'est les cas pour l'Afghanistan et le Chili (lapis-lazuli) et l'Argentine (rhodochrosite).

On peut remarquer, si l'on compare entre eux les tableaux 5 et 6 que les prix moyens par carat des diamants bruts et taillés importés par l'Allemagne Fédérale et par la France sont assez voisins : 231 et 201 F ; 1 116 et 1 108 F par carat. A noter le prix élevé des émeraudes taillées importées de Colombie par la France (7 469 F par carat), ce qui est un critère de haute qualité, traditionnelle pour la haute-joaillerie parisienne. On ne peut évidemment pas retirer, des autres indications de ces tableaux, de précisions concernant les productions elles-mêmes, en raison de la circulation normale des gemmes de valeur remises sur le marché par leurs possesseurs pour de multiples raisons : successions, revers de fortune, spéculations, etc.

---

(1) Statistisches Bundesant Wiesbaden Reiche 2 spezialhandel nach Waren und ländern. dec. und Jahr. 1970.

(2) S.G.E.C./D.F.P.M. Nov. 1970.

5 - IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1970 PAR L'ALLEMAGNE FEDERALE

(d'après : Statistisches Bundesant Wiesbaden)

GEMMES	IMPORTATIONS		EXPORTATIONS	
	carat	D. Mark	carat	D. Mark
Diamant				
brut	225 000	33 872 000	40 000	2 688 000
taillé	280 000	202 887 000	60 000	33 014 000
Autres gemmes (1)	kg		kg	
brut		31 174 000	111 523	6 353 000
taillé	2 626	69 407 000	27 176	86 069 000

B.- *PRINCIPALES IMPORTATIONS DE GEMMES ET PIERRES DECORATIVES TAILLEES (diamant exclus).*

PRINCIPALES PROVENANCES	KG	D. MARK
Suisse	205	18 527 000
Union indienne	478	13 106 000
Thaïlande	111	10 500 000
Hong-Kong	148	3 862 000
Colombie	2	2 643 000
Brésil	55	1 999 000
Australie	52	1 525 000

C.- *PRINCIPALES IMPORTATIONS DE GEMMES ET DE PIERRES DECORATIVES BRUTES (diamant exclus).*

PRINCIPALES PROVENANCES	KG	D. MARK
Brésil	1 188 927	15 057 000
Australie	16 251	4 208 000
Etats-Unis	73 152	2 375 000
Rép. d'Afrique du Sud	164 835	1 647 000
Tanzanie	13 470	1 180 000
Afghanistan	2 856	1 059 000
Madagascar	63 265	557 000
Pakistan	16 023	537 000
Argentine	20 784	308 000
Inde	45 967	269 000
Thaïlande	661	195 000
Uruguay	33 669	141 000
Chili	6 664	108 000

(1) Y compris rubis, saphir, émeraude et pierres décoratives.

6 - IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1970 PAR LA FRANCE

(d'après les statistiques du commerce extérieur de la France)

GEMMES	IMPORTATIONS		EXPORTATIONS	
	carats	francs	carats	francs
Diamant				
brut	184 020	36 923 000	125 715	20 202 000
taillé	184 360	203 967 000	31 495	46 153 000
Rubis, saphir, émeraude				
brut	894 965	5 088 000	422 195	1 010 000
taillé	582 600	72 411 000	645 640	53 251 000
Autres gemmes et pierres décoratives	kg	F	kg	F
brut	83 792	1 315 000	23 692	502 000
taillé	9 102	8 103 000	147	1 268 000

B.- *PRINCIPALES IMPORTATIONS DE RUBIS, SAPHIR, EMERAUDE TAILLES*

PRINCIPALES PROVENANCES	CARATS	FRANCS
Union indienne	505 635	37 544 000
Suisse	21 735	22 804 000
Thaïlande	28 595	4 707 000
Colombie	260	1 940 000
Ceylan	8 255	1 792 000

C.- *PRINCIPALES IMPORTATIONS DE GEMMES ET PIERRES DECORATIVES BRUTES*

PRINCIPALES PROVENANCES	POIDS	FRANCS
Colombie (émeraude)	24 610 Ct	818 000
Brésil (1)	30 670 kg	460 000

(1) Le Brésil a exporté en France 2 817 kg de gemmes taillées déclarées 2 436 000 F.

Un autre aspect du problème est qu'à Hong-Kong et en Suisse, par exemple, aboutissent un grand nombre de pierres précieuses provenant de pays orientaux, et qui en sont sorties de manière frauduleuse (ce qui fausse dans d'incroyables proportions les statistiques officielles publiées dans ces pays producteurs). Comme l'anonymat de ces apports est de règle, ils vont se diluer dans le flot de la circulation commerciale traditionelle où passent et repassent des pierres qui peuvent avoir été extraites depuis des siècles et avoir été retaillées plusieurs fois.

Pour l'Australie, les chiffres officiels de productions semblent très proches de la réalité. On remarque sur le tableau 7 la nette progression des productions d'opales, de saphirs, ainsi que des exportations d'opales brutes et taillées.

Par la seule exploitation des gisements australiens (9/10 de la production mondiale de l'opale), cette gemme surclasse donc depuis 1969 le rubis et lui ravit le 4° rang des productions minières de gemmes.

Le tableau suivant indique l'ordre de grandeur en millions de francs des principales productions mondiales de gemmes brutes pour 1969. La valeur indiquée pour le rubis étant une valeur moyenne correspondant à une année normale de production.

ESTIMATION DES PRODUCTIONS MONDIALES EN 1969 (millions de francs)

diamant	4 500
émeraude	120
saphir	100
opale	75
rubis	50
quartz et ses variétés	33
béryl (émeraude exclue)	25
jadeite et jade	12
autres gemmes	45
TOTAL	*4 960 millions de francs.*

7 - PRODUCTIONS, EXPLORATIONS ET IMPORTATIONS DE PIERRES PRECIEUSES EN 1967, 1968 ET 1969 PAR L'AUSTRALIE

(d'après l'Australian Mineral industry, et recalculé en francs)

PRODUCTIONS	1967	1968	1969
opale	26 400 000	37 922 500	61 644 000
saphir	2 849 000	4 449 500	15 845 500
autres gemmes	1 188 000	1 034 000	748 000
TOTAL :	*30 437 000*	*43 406 000*	*78 237 500*
EXPORTATIONS	1967	1968	1969
opale brute	46 200 000	49 500 000	58 080 000
opale taillée	10 725 000	20 801 000	22 000 000
IMPORTATIONS	1967	1968	1969
diamant-gemme	28 385 500 (27 520 cts)	31 196 000 (31 499 cts)	34 925 000 (35 470 cts)

VALEUR RELATIVE DES PIERRES PRECIEUSES

De tout temps, les pierres précieuses ont eu une grande valeur, et le prix au carat (0,2 gramme) des pierres les plus belles et les plus rares augmentait parfois dans de grandes proportions avec leur poids. Il serait vain de convertir en valeurs actuelles les prix indiqués dans les textes anciens afin de les comparer à ceux pratiqués de nos jours, ceci en raison de la dégradation des monnaies et de la valeur de l'or par rapport au coût de la vie, qui ne peut lui-même n'être que difficilement ramené à un système de référence moderne en raison de l'énorme différence existant entre les modes de vie. Pour prendre un exemple : à Bagdad, au milieu du 13ème siècle, un beau cabochon de rubis pesant environ 3 grammes (15 carats) valait cent fois son poids d'or pur (soit : 300 grammes) ; aujourd'hui l'équivalent de 300 grammes d'or fin ne représente que le revenu mensuel d'une famille d'ouvrier en Europe occidentale, il n'en était pas de même en Asie mineure au 13ème siècle, où ces 300 grammes d'or fin représentaient une véritable fortune capable de subvenir aux besoins normaux d'une famille pendant de nombreuses années. De plus, en l'absence de ce rubis cabochon perdu depuis sept siècles dans les méandres de l'histoire, toute étude comparative ne peut être faite puisque la pierre ne peut être estimée actuellement afin de servir d'élément de référence. N'oublions pas aussi qu'un rubis cabochon de 15 carats très givré peut valoir cent fois moins qu'une pierre pure de bonne couleur et de poids équivalent qui peut, dans le meilleur des cas, atteindre plus de 1 000 000 de francs.

Cependant, il est très intéressant de comparer la valeur relative des différentes pierres précieuses ainsi que la progression du prix au carat avec l'augmentation de leur poids.

Un ouvrage très célèbre : le Traité d'Ahmed-ben-Ioussouf-al-Teifaschi, qui vivait en l'an 640 de l'Hégire (1242 de notre ère), nous donne de précieux renseignements sur le marché des pierres précieuses à Bagdad et au Caire au milieu du 13ème siècle. On peut reconstituer, par exemple, quelle était l'augmentation du prix du carat de rubis suivant la grosseur des pierres :

POIDS	VALEUR	PRIX CALCULE AU CT
1/2 dirhem	8 dinars d'or	1 dinar d'or
1 dirhem	32 dinars d'or	2 dinars d'or
1 mitskal	60 dinars d'or	2 1/2 dinars d'or
1 1/2 mitskal	108 dinars d'or	3 dinars d'or.

Le traducteur (Clément Mullet) indique que le dirhem vaut 16 carats et le mitskal 24 carats (carat de 1868). Ces mesures étant des multiples du poids du grain d'orge, leur reconversion ne peut qu'être approximative en raison des divergences de poids constatées entre les diverses valeurs attribuées aux unités de poids suivant les régions ; de plus, les auteurs ne sont pas toujours d'accord sur la valeur à donner à certaines unités de poids. Il semble que la valeur du dinar correspondrait à 4,20 gr d'or et que le dinar d'or s'était substitué au sou d'or romain et byzantin.

Plusieurs autres prix de gemme sont également indiqués dans ce traité arabe ancien, ce qui nous permet d'établir l'échelle de leur valeur relative (nous avons écarté les conversions en francs-or de 1868 données par le traducteur, en raison des nombreuses erreurs de calcul et de la confusion possible qui était inévitable entre les divers dinars dont parlent les auteurs de cette époque et qui ne correspondent pas toujours en poids au même nombre de grains d'orge).

ECHELLE DE VALEUR RELATIVE DE QUELQUES GEMMES VENDUES EN 1242 SUR LES MARCHES DE BAGDAD ET DU CAIRE

GEMME	VALEUR AU CARAT (dinars d'or)	POIDS (ou autres indications)	VALEUR
rubis	6	1 mitskal	100 mitskals d'or pour les belles pierres
	2	1 dirhem	32 dinars d'or
émeraude	4	1 dirhem	64 dinars d'or
diamant	3 1/3	1 mitskal	80 dinars d'or
	2/3	1 mitskal	15 dinars d'or
spinelle	1	moitié de la valeur du rubis	
oeil-de-chat		à la pièce	5 dinars d'or
saphir bleu	1/4	1 dirhem	4 dinars d'or
zircon	1/4	quart de la valeur du spinelle	
saphir jaune	1/8	moitié de la valeur du saphir bleu	
béryl	1/8	1/2 dirhem	1 dinar d'or
turquoise		montée sur anneau	1 dinar d'or
grenat	1/48	1 mitskal	1/2 dinar d'or.

Le traducteur n'a trouvé aucune indication sur la taille ou la forme des diamants, il est fort probable qu'ils se vendaient brut. Quant aux autres gemmes, elles étaient toujours taillées en cabochon à cette époque et très souvent percées.

C'est dans ce même ordre : rubis, émeraude, diamant, que l'on retrouve, au début du 16ème siècle, ces trois pierres précieuses au sommet de la hiérarchie des gemmes. En Europe, selon le témoignage de Benvenuto Cellini, les valeurs suivantes étaient données pour des pierres parfaites pesant 1 carat :

rubis	800 écus
émeraude	400 écus
diamant	100 écus.

Au début du 17ème siècle, Anselm Boethius de Boodt (1609) donne les valeurs suivantes pour le diamant :

1 carat	130 thalers
2 carats	430 thalers (soit 215 au carat)
5 carats	2 290 thalers (soit 458 au carat).

On peut là encore constater la progresssion du prix au carat suivant la grosseur des pierres. De Boodt indique aussi que le rubis oriental avait la même valeur que le diamant. Il nous faut signaler que le poids du carat oscillait, suivant les pays entre 0,205 gramme et 0,212 gramme, moyenne du poids de 4 grains de blé ou d'orge (un grain = 0,053 gramme). De nos jours, le grain, encore employé dans le commerce des perles, a été ramené à 50 milligrammes, de manière à correspondre au quart du poids du carat métrique (200 milligrammes).

Dans la première moitié du 19ème siècle, le prix du diamant dépassera à poids égal le prix du rubis. Le tableau suivant indique les valeurs moyennes des deux gemmes données en francs-or (vers 1840).

POIDS	DIAMANT		RUBIS	
	PRIX	VALEUR AU CT	PRIX	VALEUR AU CT
1 carat	300 (F or)	300	150 (F or)	150
2 carats	1 000	500	600	300
3 carats	1 800	600	1 500	500
6 carats	5 000	833	4 800	800

D'après les revues économiques américaines, le prix des diamant, rubis, émeraude et saphir aurait quadruplé entre 1880 et 1930 aux Etats-Unis.

En France, une statistique effectuée pour la période comprise entre 1938 et 1966 a permis d'établir que si l'indice général des prix a augmenté de 37 fois, celui des quatre pierres précieuses a augmenté dans des proportions beaucoup plus grandes : 50 fois pour l'émeraude, 80 fois pour le diamant, 110 fois pour le saphir et 145 fois pour le rubis (en petites pierres seulement).

Pour les Etats-Unis, Frederick Kunz donne, vers 1928, les prix suivants au carat pour les pierres de qualité :

	prix du carat ($)
émeraude	1 000
rubis	1 000
diamant	700
saphir	500

et Richard H. Jahns construit pour une période allant de 1950 à 1957 des courbes pour l'augmentation de prix au carat en fonction de l'augmentation du poids des pierres de qualité égale. Ce qui donne les prix suivants pour des pierres exceptionnelles de 1 et 10 carats :

GEMME	PRIX DES PIERRES DE 1 CARAT ($)	PRIX AU CARAT DES PIERRES DE 10 CARATS ($)
émeraude	1 500	8 000
rubis	1 000	15 000
diamant	1 000	5 000
alexandrite	700	2 500
saphir	400	1 800
spinelle (rouge vif)	50	250

Ce qui laisse apparaître une fois de plus l'ordre (dans l'échelle des valeurs relatives des pierres précieuses) que nous avions constaté pendant le Moyen-Age et la Renaissance soit : rubis, émeraude et diamant[1]. On peut voir également que le spinelle rouge s'est bien déprécié et qu'une nouvelle gemme : l'alexandrite (découverte seulement en 1830) a une valeur supérieure à celle du saphir.

De nos jours, le Van Nostrand's Standard Catalog of Gems de John Sinkankas (1968) indique, pour les quatre pierres précieuses, une infinité de prix suivant qualité et dimension. Les prix extrêmes que nous avons relevés dans ce catalogue et recalculés en francs 1970 sont les suivants :

---

(1) Pour les bonnes pierres de 10 ct.

GEMMES	POIDS	PRIX AU CARAT (F)
Emeraude	pierre de 1 ct	220 à 7 700
	" 3 ct	660 à 18 150
	" 5 ct	715 à 26 400
	" 8 ct	1 100 à 27 500
Rubis	pierre de 1/2 à 1	110 à 5 500
	" 3	192 à 10 450
	" 6	275 à 25 575
	" 10	1 100 à 57 200
Saphir	pierre de 1/2 à 1	27,5 à 1 650
	" 3	44 à 4 000
	" 6	55 à 7 700
	" 10	58 à 8 800
Diamant incolore et de bonne qualité	pierre de 1/2 ct	1 920 à 5 582
	" 1 ct	3 575 à 10 450
	" 2 ct	9 900 à 21 312
	" 3 ct	16 500 à 25 850

Avec de tels extrêmes les acheteurs sont toujours assurés de trouver un choix très grand de pierres précieuses, à commencer par les pierres taillées en cabochon et givrées pour les pierres de couleur, et les diamants contenant quelques défauts qui ne sont pas nécessairement des pierres secondaires comme on a tort de le penser généralement.

Nous avons relevé les prix moyens des qualités les plus demandées en 1971 sur la place de Paris dans les grosseurs les plus vendues (centre de bague de 1/2 à 6 carats).

GEMME	POUR DES PIERRES DE	PRIX AU CARAT (F)
diamant	1/2 à 2 carats	2 000 à 20 000
rubis	1/2 à 2 carats	750 à 10 000
émeraude	1/2 à 3 carats	450 à 12 000
saphir	1/2 à 6 carats	300 à 4 500

Nous avons également calculé une échelle de valeur relative des gemmes applicable à des pierres exceptionelles de 10 carats, il ne s'agit pas d'un barème de prix mais d'une liste comparative que nous donnons à titre purement indicatif.

ECHELLE DE VALEUR RELATIVE DE QUELQUES GEMMES VENDUES EN 1971 SUR LE MARCHE DE PARIS

(pierres de 10 carats sans défauts et de la meilleure couleur)

GEMME	INDICE DE VALEUR RELATIVE	VALEUR EN FRANCS
rubis	2 000	1 000 000
diamant	1 000	500 000
émeraude	800	400 000
alexandrite	250	125 000
saphir (bleu)	200	100 000
spinelle (rouge vif)	25	12 500
rubellite	10	5 000
topaze (orangé vif)	10	5 000
aigue-marine	6	3 000
péridot	5	2 500
béryl (rose violacé)	4	2 000
tourmaline (verte, rose)	4	2 000
citrine (orangé vif)	1	500
améthyste	1	500
topaze (bleue)	1	500
kunzite (rose vif)	1	500

Toute liste de ce genre est nécessairement incomplète, car il n'est pas possible d'y inclure des gemmes telles que l'opale et l'oeil-de-chat, dont le prix des beaux exemplaires est extrêmement variable d'une pierre à l'autre. Il est déjà bien difficile de comparer le prix des gemmes transparentes entre elles en raison de la différence des moyennes de grosseurs des pierres vendues (au-dessous de trois carats pour les diamants, rubis et émeraude ; et entre dix et vingt carats pour les citrines et les améthystes par exemple).

Les diamants sont de loin les plus vendus, les plus appréciés d'entre eux sont incolores et sans défaut. Les couleurs franches : rose, bleu, vert ou jaune vif sont toujours très recherchées par les amateurs. Il existe aussi une qualité de diamant légèrement teintée mais dont la matière est très belle, parfaitement limpide, et d'une taille réussie ces pierres sont dites pierres du soir parce qu'elles jouent admirablement le soir à la lumière électrique. Elles ont de nombreux demandeurs.

Pour les autres gemmes, les pierres dites de couleur, l'élément principal de leur valeur est la qualité de leur couleur. Le critère de pureté est assez relatif, surtout s'il ne nuit pas à la couleur. La pureté d'une aigue-marine par exemple, a plus d'importance que pour une émeraude (le public étant habitué à voir des aigue-marines absolument limpides et des émeraudes très souvent givrées).

Le poids n'est pas toujours critère de valeur (surtout pour les gemmes dont les cristaux bruts sont très gros et souvent limpides) : une citrine jaune pâle et une aigue-marine de 100 carats sont beaucoup moins chères au carat qu'une citrine ou une aigue-marine de 10 carats, à qualité de couleur égale. Et même pour le diamant, au-dessus de cinq carats le prix au carat cesse de croître et se stabilise, les gros diamants étant moins vendus que les pierres de deux - trois à cinq carats qui sont les plus recherchés parce que montés en solitaires[1].

---

(1) Aux Etats-Unis, quatre femmes sur cinq possèdent une bague avec diamant.

AVENIR DES PIERRES PRECIEUSES

Quel sera l'avenir du marché des pierres précieuses, est une question à laquelle nous ne pouvons pas répondre. Toutefois trois faits significatifs méritent toute notre attention :

1 - L'U.R.S.S. grand producteur de diamants de joaillerie, n'hésite pas à les commercialiser par l'intermédiaire de la De Beers de Londres, premier négociant du monde et qui régularise le cours du diamant en toutes circonstances.

2 - Les Etats-Unis continuent de s'enrichir prodigieusement en achetant la plus grande partie de la production de pierres précieuses et une quantité incroyable d'objets d'art de grande valeur matérielle et artistique. Tout se passe comme si l'argent perdait de son crédit face au besoin de retrouver des valeurs plus proches de l'humain.

3 - On tend généralement à revaloriser le travail artisanal trop souvent étouffé sous l'aveugle industrialisation poussée à l'excès. Cette tendance nous paraît idéale, et la De Beers le sait bien puisqu'elle organise, depuis 1954, des concours internationnaux pour récompenser les meilleures créations de bijoux comportant des diamants (Oscars du diamant).

Il semble que l'ensemble des professions dont dépend l'avenir des pierres précieuses s'organise et réagit un peu sous la pression des profondes mutations que connaît le monde actuel, il semble aussi que la bijouterie se renouvelle grâce à quelques créateurs de bon goût. Il est très important, par exemple, de voir l'un des plus grands joaillers du monde prendre résolument l'avant-garde en renouvelant sa production par une infinité de créations brillantes. On se doit de signaler qu'il existe toute une série "de jeunes créateurs d'avant-garde" qui renouvellent le dialogue entre le public et l'art du bijou, assurant par là l'avenir des pierres précieuses, autres gemmes et pierres décoratives.

GRANDS TRESORS ET COLLECTIONS DES SIECLES PASSES

La Bible, les Védas et de nombreux autres textes anciens décrivent la magnificence des trésors de quelques grands rois de l'Antiquité.

Le merveilleux trésor funéraire de Toutankhamon - mort en 1343 avant J.C. - nous permet d'avoir une idée du luxe raffiné dans lequel vivait un Pharaon de la 18° Dynastie. Si l'on tient compte que de nombreux joyaux et insignes royaux demeuraient propriété de la famille et que la tombe a été en partie pillée quelques années après sa mort avant qu'un intendant prenne la précaution de combler le couloir d'accès, on a la preuve que les textes anciens n'ont pas exagéré l'importance de la fortune des rois d'Egypte. Lors de l'ouverture du tombeau en 1922, le monde fut étonné par l'extrême richesse du mobilier funéraire dont la valeur matérielle représentait 80 à 100 millions de francs (à lui seul le cercueil d'or massif pesait 1 110,4 kg).

Déjà, à cette époque, les tombes royales étaient presque toutes profanées et les gemmes et l'or qu'elles contenaient étaient discrètement remis dans le circuit commercial et réemployés ... pour la fabrication d'autres trésors, funéraires par exemple !

C'est donc un vrai miracle qu'un tel trésor nous soit parvenu après trois mille trois cents ans d'oubli. Cependant, les merveilleux bijoux égyptiens de cette époque ne comportaient pas de gemmes de grande valeur ; leurs principaux gisements ne furent découverts que plus tard en Orient.

La Grèce fut, elle-aussi, assez pauvre en gemmes de valeur, mais ses artistes surent porter la glyptique - ou gravure sur gemme - à un tel niveau de beauté, qu'il n'est pas possible de dissocier cet art de la gemmologie car, si l'on accepte que la taille à facette donne une plus-

value importante aux gemmes, il serait absurde de considérer que la valeur artistique d'un travail de gravure réussi sur pierre fine ne fasse pas partie intégrante de la pierre au même titre que le facettage ou le polissage en cabochon. Les Anciens préféraient les gemmes gravées et certains peuples n'accordaient pas la même valeur que nous à la matière brute qui n'était que le support indestructible, voire le prétexte d'exécuter une oeuvre d'art de dimension réduite.

Alexandrie, fastueuse capitale de la dynastie grecque des Ptolémées qui régnait sur l'Egypte, était également la capitale de la glyptique au 1° siècle avant J.C. C'est là que furent fabriqués les plus beaux camées de style grec (alexandrin) et les deux plus grands chefs-d'oeuvre de la glyptique antique : la coupe dite des Ptolémées (Musée national des Antiquités, Naples) et que le vainqueur d'Antoine et de Cléopâtre la grande dut ramener à Rome avec le riche trésor des rois d'Egypte. Pompée, quelque trente ans plus tôt, avait déposé en *ex-voto* au temple de Jupiter Capitolin la très belle collection de camées grecs de Mithridate dont le trésor lui avait demandé trente jours d'inventaire et qui contenait, entre autres, deux mille coupes d'onyx cerclées d'or.

L'histoire nous apprend que le trésor impérial romain s'est enrichi pendant dix siècles. L'aristocratie romaine fit grand cas des pierres gravées et des gemmes rares qui venaient d'Orient. Le règne d'Auguste s'illustra par une magnifique production de camées et autres pierres gravées par les plus grands artistes grecs qui purent, dans une Rome regorgeant de richesse, donner la pleine mesure de leur talent. Malgré les vicissitudes de l'histoire, la fortune des empereurs fut toujours considérable et, quand le trésor fut vide, il ne fut vide que de son or et Rome demeurait un réservoir inouï de gemmes et d'objets d'art de très grande valeur.

En 330, Constantin transporte le siège de l'Empire et le trésor impérial à Byzance qui prit le nom de Constantinople. On ne possède guère de renseignements sur la valeur du trésor et il fallut attendre les deux grands pillages de 1203 et 1204 pour que les chroniqueurs du Moyen-Age nous laissent la description de l'immense butin dont les croisés latins

s'emparèrent lors du sac de Constantinople. Gravé à Rome vers l'an 25, le grand Camée, orgueil du trésor impérial, a néanmoins échappé au sac de Constantinople. On sait qu'il fut exécuté par le graveur grec Dioscoride pour être conservé dans le trésor impérial, qu'il fut emporté avec lui dans la nouvelle capitale de l'Empire en 330 et que l'Empereur Baudouin II l'offrit à Saint-Louis pour le décider à entreprendre une nouvelle croisade. L'histoire de ce prodigieux camée - le plus grand du monde - est donc bien connue ; il fut déposé à la Sainte-Chapelle, prêté au pape de 1343 à 1379, réintégré au trésor pendant quatre siècles, puis déposé à la Bibliothèque Nationale en 1791. L'histoire des autres monuments de la glyptique antique n'est pas connue avant le 9° siècle (coupe des Ptolémées à Saint-Denis au 9° siècle, Tasse Farnèse dans la collection de Paul II vers 1460 et le grand "camée de Vienne" à Saint-Sernin de Toulouse de 1247 à 1533).

Un fait très significatif vient appuyer les récits des chroniqueurs du 13° siècle : les croisades ont naturellement permis le transfert en Occident d'immenses richesses, mais ce n'est qu'à partir du début du 13° siècle que les trésors des églises et des abbayes d'Europe s'enrichirent de manière prodigieuse en gemmes gravées romaines et cabochons de pierres précieuses ; au point que l'on dut dresser des inventaires détaillés afin d'assurer la protection de ces trésors dont quelques uns nous sont parvenus presque intacts.

On a remarqué que le déclin de l'art de la glyptique a commencé avec le déclin de la civilisation romaine dès le 2° siècle et que ce ne sont que des hommes de grande culture et d'intelligence rare, tels Charles V de France et Charles IV de Bohême, qui, au 14° siècle, ont permis à l'art de la taille des gemmes de secouer un peu l'oubli d'un millénaire d'obscurité. Grands amateurs de gemmes antiques, de joyaux et d'orfèvrerie, ils ne purent néanmoins, au cours de leur règne, trouver d'artistes capables de remettre au point les techniques de la gravure sur pierre fine, telle que la pratiquaient les graveurs de l'Antiquité. Car cet art raffiné, le plus subtil qu'ait connu l'homme, ne pouvait être que le dernier à resurgir de l'incroyable médiocrité intellectuelle qui succéda à la civilisation romaine d'Occident après son effondrement.

Si les monastères furent les seuls lieux d'Europe où on conservait et recopiait les oeuvres de la littérature antique, l'art de la glyptique, lui, avait à peu de choses près disparu. Et les abbayes et les églises protégèrent, durant treize siècles, d'inestimables gemmes gravées que personne ne pouvait ou ne savait plus reproduire. Il fallut, au 15° siècle, qu'un Laurent de Médicis naquît pour que le noble art réapparaisse peu à peu dans tout son éclat. Laurent-le-Magnifique réunit la plus belle collection d'objets d'art et de gemmes gravées de son temps. Aussitôt, la mode des camées se répandit à travers toute l'Europe et les plus grands monarques de la Renaissance voulurent, eux-aussi, imiter les Médicis en s'entourant d'artistes et de savants. François 1°, Philippe II, Rodolphe II et les Papes se disputèrent les meilleurs artistes italiens. Chassée par le despotisme turc, la civilisation Byzantine, héritière de l'art romain et grec de la glyptique, a évidemment accéléré l'éclosion de la Renaissance avec le reflux de ses plus brillantes intelligences et de ses meilleurs techniciens vers l'Italie. Au début du 16° siècle, on sut de nouveau égaler les grands artistes grecs et romains ; aux Pyrgotèle, Evodus, Dioscoride succédèrent les Cellini, Miséroni, Caraglio, Nassaro, Da Trezzo et, un peu plus tard, les Rossi, Fontana, Saracchi. Henri IV protégea Guillaume Duprés, Olivier Corodé et Julien de Fontenay ; les Empereurs d'Autriche, les générations successives des graveurs Miséronis ; Madame de Pompadour fut l'élève de Jacques Gay. A partir du 19° siècle, nous verrons la plupart de leurs oeuvres dans les grandes collections et cabinets royaux ouverts au public, et qui seront mentionnés plus loin. Depuis le siècle dernier, quelques grands graveurs maintiennent honorablement l'art de la glyptique : Jouffroy, Adolphe David, Tonnelier et Fabergé dont les animaux en pierres dures sont inlassablement recopiés. A l'heure actuelle, on peut citer Richard Hahn, Martin Seitz et le très jeune parisien Maxime Rips qui prend la relève avec un métier qui stupéfie les spécialistes. Ces dernières lignes nous éloignent un peu de notre propos sur les grands trésors et collections des siècles passés, mais nous tenons tout particulièrement à insister sur la valeur d'un travail personnel de grande qualité qui seul demeure à travers les siècles alors que toute notion de valeur relative des matériaux bruts finit toujours par se modifier sensiblement d'un siècle à l'autre.

Le trésor des Médicis et ceux des rois et princes de la Renaissance étaient surtout constitués par des gemmes gravées, des coupes et autres objets d'art rehaussés d'or émaillé et orné de rubis, diamant, émeraude, saphir, spinelle ou perle (de même que les bijoux et les insignes royaux). En revanche le fabuleux trésor des Incas que les Espagnols o ramené en Espagne(1) était surtout constitué d'or massif et d'une incroyable quantité de très grosses émeraudes que l'on retrouva bientôt jusqu'en Perse et aux Indes.

LE PLUS GRAND DE TOUS LES TRESORS

C'est évidemment aux Indes, patrie des pierres précieuses et seul producteur de diamant jusqu'au 18° siècle, qu'existait le plus grand de tous les trésors de pierres précieuses jamais réuni par une famille souveraine : celui des Grands Mogols. Leur fortune était telle qu'ils avaient dû, pour mieux la protéger, la répartir dans plusieurs forteresses différentes à Delhi, Lahore, Gwalior, Marwar, Agra, etc.

Outre les centaines de milliers de carats de diamant, émeraude, rubis et spinelle bruts, les collections de diamants taillés, les innombrables joyaux et objets d'art ornés de gemmes et de perles, les sept trônes fabuleux, les deux mille sabres incrustés de diamants, les grands Mogols possédaient dans leur coffres trois cents kilos de perles non montées, une vaisselle d'or totalisant 25 tonnes, des plats d'argent totalisant 50 tonnes et une réserve de plus de mille tonnes d'argent, une profusion de lourdes chaînes, d'objets et de lingots d'or, etc. L'ensemble avait une valeur certainement supérieure à 6 milliards de francs dont environ 2 à 2,5 milliards de francs de pierres précieuses et autres gemmes, ce qui représentait, à la fin du 17° siècle, à peu près le septième de la valeur de toutes les pierres précieuses extraites dans le monde jusqu'à cette époque.

---

(1) Estimé par quelques historiens entre 120 et 150 millions de livres d'or.

Ce trésor, encore enrichi par le pillage du trésor des rois de Golconde par Aurengzeb[1], sera lui-même en partie pillé après le siège de Delhi par Nadir Shah en 1739. Le trésor que l'on peut voir de nos jours à Téhéran, reliquat du Butin ramené en Perse par Nadir Shah, peut facilement représenter en valeur matérielle 500 à 600 millions de francs[2].

Une grande partie de l'énorme amoncellement de perles et de pierres précieuses des Nizams de Haîderabad proviendrait aussi des anciens trésors des Grands Mogols que le Français Tavernier put admirer en partie dans la deuxième moitié du 17° siècle. Nous extrayons de ses "Six voyages" ce passage consacré à la description du plus beau du trésor de Delhi :

"Le Grand Mogol a sept trônes magnifiques, les uns tout couverts de diamants, les autres de rubis, d'émeraudes et de perles.

Le grand trône que l'on dresse dans la Salle de la première Cour est à peu près de la forme et de la grandeur de nos lits de camp, c'est-à-dire d'environ six pieds de long et quatre de large. Sur les quatre pieds qui sont fort gros, et de vingt à vingt cinq pouces de haut, sont posées les quatre barres qui soutiennent le fond du trône, et sur ces barres sont dressées douze colonnes qui portent le ciel de trois côtés, n'y en ayant point à celui qui regarde la Cour. Tant les pieds que les barres qui font plus de dix huit pouces de large, tout est revêtu d'or émaillé et enrichi de quantité de diamants, de rubis, et d'émeraudes. Au milieu de chaque barre on voit un gros rubis balet cabouchon avec quatre émeraudes autour qui forment une croix carrée. Puis souvent de côté et d'autre le long des barres se voient d'autres semblables croix, disposées de manière que dans l'une le rubis est au milieu et autour quatre émeraudes ; et dans l'autre l'émeraude est au milieu et quatre rubis balets autour. Les émeraudes sont taillées en table, et les places

---

(1) En 1687 et représentait quelques 300 millions de roupies.

(2) Si l'on comprend la valeur artistique et la valeur historique des objets, on rejoint l'évaluation donnée par Switzer (1971), soit 400 millions de dollars (2,2 milliards de francs).

qui sont entre les rubis et les émeraudes sont couvertes de diamants dont les plus grands ne passent pas dix à douze carats, toutes pierres de montre et qui sont fort plates. Il y a suffi en quelques endroits des perles enchassées dans l'or, et à l'un des côtés de la longueur du trône il y a quatre marches pour y monter. Des trois carreaux ou coussins qui sont sur le trône, celui qu'on met derrière le dos du Roi est gros et rond comme un de nos traversins de lit, et les deux autres que l'on met à ses côtés sont plats.

On voit de plus pendus à ce trône un sabre, une masse d'armes, une rondache, un arc et un carqois avec ses flèches ; et toutes ces pièces de même que les coussins et les marches, tant de ce trône, que des autres six, sont toutes couvertes de pierreries qui assortissent celles dont chacun de ces trônes est enrichi.

Je fis compte des gros rubis balets qui sont autour du grand trône, et il y en a environ cent huit tous cabouchons, dont le moindre pèse cent carats ; mais il y en a qui apparemment pèsent deux cents et au-delà. Pour ce qui est des émeraudes elles sont d'assez bonne couleur, mais il y en a de bien glaceuses, la plus grande pouvant être d'environ soixante carats, et la moindre de trente. J'en contai jusqu'à près de cent soixante, et ainsi il y en a plus que de rubis.

Le fond du ciel est tout couvert de diamant et de perles, avec une frange de perles tout autour, et au-dessus du ciel qui est fait en voûte à quatre pans on voit un Paon qui a la queue relevée, faite de saphirs bleus et autres pierres de couleur ; le corps d'or émaillé avec quelques pierreries, et ayant un gros rubis au-devant de l'estomac, d'où pend une perle en poire de cinquante carats ou environ dont l'eau est jaunâtre. Des deux côtés du Paon il y a un gros bouquet de la hauteur de ce oiseau, fait de plusieurs fortes fleurs d'or émaillé avec quelques pierreries. Du côté du trône qui regarde la Cour il y a un joyau à jour, où il pend un diamant de quatre vingt à quatre vingt dix carats avec des rubis et émeraudes autour, et quand le Roi est assis il a ce joyau à la vue. Mais ce qu'il y a à mon avis de plus dans ce magnifique trône, est que les douze colonnes qui soutiennent le ciel sont entourées de beaux

rangs de perles qui sont rondes et de belle eau, et peuvent peser la pièce depuis six jusqu'à dix carats. A quatre pieds loin du trône il y a aux côtés deux parasols plantés dont les batons de sept à huit pieds de haut, sont couverts de diamants, de rubis et de perles. Les parasols sont de velours rouge avec une broderie et une frange de perles autour.

Voilà ce que j'ai pu remarquer de ce fameux trône commencé par Tamerlan et achevé par Cha-Gehan. Ceux qui ont les comptes des joyaux du Roi, et ce qu'à coûté ce grand ouvrage, m'ont assuré qu'il revenait à cent sept mille lacres de Roupies qui font cent soixante millions 500 000 livres de notre monnaie[1].

Derrière ce grand et superbe trône, on en dresse un plus petit de la forme d'une cuve où l'on se baigne. C'est un ovale d'environ sept pieds de long et de cinq de large, et tout le dehors est couvert de diamants et de perles, mais il n'y a point de ciel ..."

LES TRESORS DES ANCIENS MAHARAJAHS

Peu après la deuxième guerre mondiale, l'Inde était encore le pays des plus grands amateurs de pierres précieuses - les maharajahs - qui achetaient, entre autres, quantité de gros diamants d'Afrique du Sud ainsi que tous les rubis de quelque importance qui apparaissaient sur le marché. On estime qu'une douzaine de diamants de plus de cent carats étaient en Inde avant son indépendance (dont le De Beers, 234,5 carats ; le Victoria, 185 carats ; le Porter-Rhodes, 153,5 carats ; le Roi de Hollande, 136,5 carats ; l'Etoile du Sud, 128,8 carats, etc). Il est bien difficile de savoir ce que ces princes possèdent encore, vu l'extrême mobilité des joyaux de valeur qui peuvent à tout moment être revendus

---

(1) On indique par ailleurs qu'il a nécessité 7 ans de travail aux meilleurs artisans des grands Mogols.

(ou déposés discrètement dans des banques étrangères). Les seuls renseignements que nous pouvons donner seront les descriptions sommaires de certains joyaux portés en public par leurs propriétaires lors des fastueuses cérémonies de l'Inde traditionelle (avant 1950) auxquels nous ajoutons quelques témoignages apportés par les écrivains occidentaux qui ont approché ces princes.

Certains temples indiens possèdent des *ex-voto* de très grande valeur, mais il n'est pas possible actuellement de les voir bien que l'on sache que certains trésors soient considérables.

Haiderabad : On a beaucoup parlé de la fortune du Nizam de Haiderabad ; il passait, avant la dernière guerre, pour être l'homme le plus riche du monde. Sa fortune est évaluée entre 1,5 et 3,5 milliards de francs et on peut raisonnablement penser que sa fabuleuse collection de pierres précieuses est néanmoins un peu moins importante que celle des grands Mogols dont il est l'un des lointains héritiers, c'est-à-dire que, si elle représentait 1 à 1,2 milliard de francs (ce que certains spécialistes pensent), elle constituerait tout de même le plus grand ensemble de pierres précieuses réuni par un particulier[1]. Signalons que le Nizam avait acquis, il y a quelques décades, le diamant Victoria et qu'il avait la réputation de posséder la plus grande collection de perles fines du monde.

Parmi les autres collections célèbres de pierres précieuses et de joyaux on peut citer celles des anciens Maharajahs suivants :

Patiala : Les joyaux portés lors du couronnement de Yadavindra Singh étaient constitués par d'énormes émeraudes : énorme cabochon plat sur la boucle de ceinture ; grosses poires sur le turban et les bras ; grand plastron composé de 82 cabochons et poires de 1 à 4 cm de long entourant trois pierres taillées en table hexagonale de 3 à 5 cm de diamètre.

---

(1) La fortune de la famille royale anglaise correspondrait à peu près à 930 millions de francs.

Parmi les autres pièces fabuleuses de cette riche collection de joyaux figure un plastron constitué de cinq rangs de chaînes serties d'un millier de diamants et comportant au centre 8 très gros brillants dont un de 220 à 240 carats qui compte parmi les six plus gros diamants taillés du monde.

Jodhpour : Un inventaire effectué il y a quelques années a confirmé la présence : des collections de rubis et d'émeraudes ayant appartenu au grand Mogol Baber ; des bijoux des Maharanis sertis de gros diamants et des baignoires, lavabos et vases sertis de nombreuses pierres précieuses.

Bharatpour : Malgré le pillage du trésor par les Anglais en 1826 (le butin de Lord Comberne était évalué à l'époque à près de cinq millions de roupies), cette famille princière possédait encore il y a quelques années le sabre d'or et de perles et le beau collier d'émeraude des grands Mogols (la Rolls-Royce de l'actuel Maharajah est en argent massif).

Mysore : Traditionnellement, les Maharajahs de Mysore sont connus pour leur richesse et leur fort belle collection de pierres précieuses et de perles.

Jaîpour : La collection comprend des colliers et ornements de tuban formés de grandes émeraudes.

Datia : Le Maharajah est photographié plusieurs fois avec de grands colliers de diamants (avant 1950).

Bundi : Trésor comprenant des colliers de diamants et d'émeraude de grandes dimensions.

Bahawalpour : Fameux pour ses émeraudes, le trésor comportait, entre autres, il y a quelques années, trois grands colliers de poires et de cabochons en émeraude de 1 à 3 cm de diamètre.

Benarès : Au début du siècle, le Maharajah Aditya-Narayan portait des colliers, ornements de turban, bracelets et pampilles d'émeraudes et de saphirs dont certains, de grosseur exceptionnelle, mesuraient jusqu'à 5 cm de long (en forme de poire).

Népal : Le roi possède une belle collection de joyaux ; on pense que le "Jonker" Diamant de 125,6 carats s'y trouve actuellement.

Cachemire : Le souverain Hari Singh portait il y a encore quelques années une émeraude de plus de 5 cm en pendentif.

Baroda : La famille princière possédait une belle série de diamants 129 carats ; 76,5 carats, etc. La Maharani actuelle qui vit en Europe possédait une collection de joyaux splendide dont un des trois plus beaux rubis connus dans le monde pour sa perfection et sa couleur.

L'un des rares trésors de temple que l'on a pu photographier est celui des Divinités Jaïnes de Palitana dans la presqu'île de Katiawar (V. de Golish, 1963) : déposées en *ex-voto*, de nombreuses et grandes pierres précieuses ont permis la fabrication de l'immense diadème de la statue de la divinité Mahavira ainsi que divers autres joyaux de grande dimension : plaque de cou, colliers, boucles de ceinture, pendants, etc. entièrement recouverts de gros diamants, émeraudes, saphirs et rubis.

LES COLLECTIONS ACTUELLES

Lors de nos visites amicales chez les grands joailliers et négociants en pierres précieuses, nous avons pu voir, dans plusieurs villes d'Europe, quantité d'admirables joyaux que le public peut difficilement imaginer. Ces pierres étant destinées à la vente (ou retransmises aux héritiers comme les biens familiaux les plus précieux quand elles sont de beauté telle que le lapidaire ou le bijoutier y est profondément attaché), nous les excluons de notre bref inventaire des gemmes les plus importantes classées par Musées, villes et pays, de même que les pierres

exceptionnelles des collections particulières inaccessibles au public. Il est cependant nécessaire de rappeler que la Cie De Beers possède une formidable réserve de diamants bruts qui se chiffre par milliards de francs, et que les collections et réserves des 12 grands joailliers mondialement connus représentent aussi des centaines de millions de francs (classés par ordre alphabétique) : Boucheron (Paris), Bulgari (Rome), Cartier (Paris), Chaumet (Paris), Garrard (Londres), Gübelin (Lucerne), Kern (Dusseldorf), Mauboussin (Paris), Schilling (Stuttgart), Tiffany (New-York), Van-Cleef Arpels (Paris), Winston (New-York) auxquels il convient d'ajouter le brésilien Stern spécialisé dans les pierres fines du Brésil.

OU PEUT-ON VOIR LES GEMMES CELEBRES

L'histoire des gemmes célèbres, teintée de légendes, d'anecdotes au charme délicat ou de récits d'une incroyable cruauté incite toujours au rêve. Comme de nombreux ouvrages leur sont consacrés[1] nous n'avons pas voulu, dans cet ouvrage surtout consacré aux problèmes actuels de la gemmologie, aborder l'histoire individuelle des pierres précieuses. Nous savons que la plupart de ces gemmes célèbres n'ont pas été retrouvées lors de fouilles archéologiques. Quand la date de leur découverte n'est pas relativement récente, elles nous sont parvenues après de longues tribulations dont on a quelquefois peine à imaginer les multiples péripéties.

Nous avons vu que certains monuments de la glyptique antique ou autres pierres célèbres sont connus et suivis dans leurs déplacements à partir de l'époque Carolingienne, voire de la Renaissance. Nous avons vu aussi que d'autres, au contraire, sont parfaitement connus depuis l'époque de leur gravure ou de leur taille (Grand-Camée de la Sainte-Chapelle, certains diamants de l'Inde). Des pierres demeurent légendaires et paraissent ne plus devoir exister ! Et si de nombreux trésors peuvent être visités à l'heure actuelle, le public ne sait pas toujours qu'il admire

---

(1) En particulier les livres de Simone Hatem et de Félix Hermann.

tel diamant ou telle émeraude célèbre parfois montés au milieu d'une telle profusion de métal et d'autres pierres de grande dimension, que ces gemmes passent inaperçues tant l'attention est captivée par l'ensemble incroyable de beauté que forment parfois certains joyaux historiques.

C'est donc à l'intention des amateurs de gemmes exceptionelles que nous avons préparé les listes qui vont suivre et qui se limitent à l'énumération des seules gemmes remarquables par leur grosseur ou leur travail et qu'il nous semble absolument nécessaire d'indiquer au lecteur.

FRANCE

PARIS

Bibliothèque Nationale

Au Cabinet des Médailles et Antiques sont conservés à peu près intégralement tous les camées, intailles, hauts-reliefs et ronde-bosses gravés sur gemme des anciennes collections royales et des trésors de Saint-Denis et de la Sainte-Chapelle et qui constituent la plus belle et plus grande collection du monde.

Agate : "Grand-Camée" gravé à Rome par Dioscoride vers l'an 25, c'est le plus grand camée du monde (31 x 26,5 cm). Orgueil des collections impériales romaine et byzantine, il fut offert à Saint-Louis par Baudoin II.

Agate : "Coupe des Ptolémées" cette canthare en sardonyx orientale d'un poids de 965 g (hauteur 12 cm), très probablement exécutée à Alexandrie au 1° siècle avant J.C. est, avec la tasse Farnèse (Naples), le plus beau chef-d'oeuvre de la glyptique antique (leur fabrication a au moins nécessité 30 ans de travail !).

Grenat almandin : "Coupe de Chosroès" unique travail sassanide du 6° siècle. Vitrail d'or en forme de coupe de 28 cm de diamètre composé de disques et de plaquettes gravées en : grenat almandin (dont 8 de 35 mm de diamètre), quartz et verre vert. Le disque central, cristal-de-roche gravé en relief au revers, est un admirable portrait de Chosroès.

Grenat : "Moïse" beau camée allemand de la Renaissance en grossulaire brun-orangé de 5,5 cm de haut.

Aigue-marine : "Julie" admirable intaille du 1° siècle (5 x 3,5 cm) signée par Evodus. C'est la plus célèbre aigue-marine du monde.

Ecole Nationale Supérieure des Mines

Le musée de minéralogie renferme quelques remarquables cristaux gemmes :

Béryl rose : grand cristal de 60 x 25 cm (Minas Gérais, Brésil).

Dioptase : plusieurs splendides géodes dont un groupe de 15 x 15 cm avec cristaux de plus de 2 cm (Renéville, Congo).

Rubis : cristal rouge-sang, irrégulier, de 4 x 3,2 cm (Mogok, Birmanie) et très gros cristal engagé dans la zoïsite verte (Longido, Tanzanie).

Kunzite : gros cristal gemme rose-violacé (Minas Gérais, Brésil).

Emeraude : joli cristal de belle couleur (3 cm) sur gangue. (Muzo, Colombie).

Péridot : jolis cristaux dont un de 5,2 x 3,3 cm (Zebirget, Egypte).

Aigue-marine : rare cristal en forme de fuseau, absolument limpide, belle couleur (Minas Gérais, Brésil) et prisme bleu-vert de 17 x 7 cm. (Governador Valadares, Brésil).

Néphrite : gros bloc roulé vert de 400 kg (Sibérie).

Université Paris VI (Collection de Minéralogie)

Béryl rose : cristal bien formé de 20 x 20 x 15 cm (Mine Golconda Governador Valadares, Brésil).

Tourmaline : le plus joli cristal de tourmaline vert-bleu connu pour Madagascar, absolument gemme, 7 x 2 cm.

Musée du Louvre

La galerie d'Apollon renferme un inestimable trésor de grande valeur artistique. On y conserve en outre quelques pierres précieuses des anciennes collections royales françaises.

Diamant : "le Régent" 140 carats, trouvé en 1702 à Partial (Inde) et considéré au 18° siècle comme le plus beau diamant connu grâce à son poids, sa pureté et sa forme de taille.

Spinelle rouge : "Côte-de-Bretagne" 105 carats, gravé en forme de dragon par Jacques Guay dans un très gros spinelle ayant appartenu à la reine Anne de Bretagne.

"Gemmes de la couronne" : exceptionnel ensemble de plusieurs centaines d'objets d'art dont 190 pièces en variétés de quartz : améthyste, agate, sardoine, cornaline, jaspes de toute couleur dont les célèbres coupes, vasques et nacelles en cristal-de-roche exécutées par les grands cristalliers Milanais du 16° siècle. A remarquer aussi la belle nacelle en lapis-lazuli.

Muséum National d'Histoire Naturelle

La collection de gemmes taillées de la galerie de minéralogie se distingue par quelques belles pierres précieuses et gemmes des anciens trésors de la couronne et une belle série de gemmes d'Amérique du Nord et de Madagascar.

Saphir : "le Raspoli" beau saphir losangique de Louis XIV (132 carats).

Opale : cabochon plat de 194 carats (Hongrie).

Béryl rose : pierre de 250 carats (Antsirabé, Madagascar).

Quelques cristaux bruts sont absolument remarquables :

Rubellite : les trois meilleures connues pour le gisement de Mesa-Grande, (Californie).

Kunzite : splendide série de cristaux (Pala, Californie).

Rubellite : cristal rose violacé biterminé de 37 x 9 cm (Vakinankaratra, Madagascar) et tête de cristal de couleur magnifique. 7 x 6 cm (Antandrokomby, Madagascar).

Topaze : cristal parfaitement gemme et d'un beau bleu 7 x 5 x 5 cm (Adun Tschilon U.R.S.S.).

Tourmaline bleu-vert : cristal parfait de 10 x 2 cm (Madagascar).

G R E N O B L E

Muséum d'Histoire Naturelle

Axinite : deux très belles plaques de cristaux gemmes (Oisans, Isère).

Préhnite : le plus bel exemplaire connu (Oisans, Isère).

L Y O N

Musée Guimet

Azurite : splendide série de 200 cristallisations avec cristaux brillants (Chessy, Rhône).

ALLEMAGNE

A I X - L A - C H A P E L L E

Cathédrale

Célèbre trésor avec buste reliquaire de Charlemagne (vers 1350) surmonté de la couronne personnelle de Charles IV de Bohême sertie de pierres précieuses et de camées antiques.

La grande croix d'or (vers 990) comporte un magnifique camée-portrait d'Auguste et une très rare intaille du 9° siècle : le sceau de Lothaire, très beau travail de glyptique du haut Moyen-Age.

C O L O G N E

Cathédrale

Au-dessus de l'autel, grande chasse royale gothique en or, enrichie de grands cabochons de gemmes et d'une très belle série de camées antiques.

D R E S D E

Grünes Gewölbe

De cette collection de joyaux et d'objets d'art, on doit signaler deux cristaux-de-roche de facture milanaise : carafe 32 cm et cruche, 25 cm de haut (1580), trois gros saphirs achetés par Auguste-le-Fort et surtout le très célèbre diamant "le Dresde", pierre de 41 carats de très rare couleur verte.

M U N I C H

Musée de la Résidence

La "Schatzkammern" contient les magnifiques pièces du trésor de Bavière dont une belle amphore en cristal-de-roche du milanais Annibale Fontana (vers 1575) et plusieurs coupes (calcédoine, agate, etc) de grande beauté. Les collections de couronnes et de joyaux sont importantes (couronne et parure de la reine Marie-Thérèse par exemple). On se doit de signaler pour le plaisir des yeux le merveilleux reliquaire de Saint-Georges terrassant le dragon avec son cheval de calcédoine, très fin travail de glyptique et d'orfèvrerie (1585).

ANGLETERRE

LONDRES

British Museum

La collection de minéralogie est la plus belle du monde et possède quelques très belles pierres taillées :

Aigue-marine : 879 carats (U.R.S.S.).
Béryl rose (morganite) : 598 carats (Madagascar).
Chrysobéryl : "Hope chrysobéryl" belle pierre jaune de 45 carats.
Alexandrite : 45 carats.

On peut signaler parmi les cristaux bruts :

Emeraude : deux beaux cristaux (Muzo, Colombie).
Euclase : exceptionnel cristal vert-bleu, gemme.
Péridot : cristal parfait de 5 x 4 x 2 cm (Zebirget, Egypte).
Topaze : cristal parfait de couleur bleue, de 12 x 10 x 8 cm (Madagascar).
Spinelle : octaèdre déformé de 5 x 4,4 x 3 cm (Birmanie). Se trouvait au siècle dernier dans le trésor du palais d'été de Pékin.

Geological Survey Museum

On peut y voir une belle collection de pierres précieuses taillées.

Tour de Londres

Les insignes impériaux sont gardés dans la célèbre tour. Le trésor s'enorgueillit de posséder les deux plus gros diamants taillés du monde qui sont les principaux fragments du fabuleux "Cullinan" énorme diamant d'Afrique du Sud qui pesait brut 3106 carats et qui, trop gros pour être porté en une seule pierre, fut divisé en 105 pierres (9 grosses, 96 petites).

Diamant : "Cullinan I", plus gros diamant taillé du monde 530 carats (monté sur le sceptre).

"Cullinan II", second diamant connu dans le monde pour sa grosseur 317 carats (sur la couronne impériale).

"KOH-I-NOR", diamant vert très pâle de l'Inde (107 carats) dont l'histoire mouvementée est connue depuis 6 siècles (sur la couronne de la reine Mary avec Cullinan III et IV).

Spinelle : "Black-Prince's Ruby", connu lui-aussi depuis des siècles (couronne impériale au-dessus de Cullinan II).

"Timur Ruby", spinelle de 360 carats environ (centre d'un collier).

Victoria and Albert Museum

On peut y voir une très riche collection de bijoux et en particulier les fameuses collections de l'ancien musée d'art indien (dont quelques pièces seulement sont exposées) : belles gemmes gravées d'époque mogole, jades recouverts de treillis d'or orné d'émeraude et de rubis et un beau sabre recouvert d'or et incrusté de 3600 rubis birmans, cabochons de 1 cm.

AUTRICHE

VIENNE

Kunsthistorisches Museum

Admirables trésors des Ducs de Bourgogne et des Empereurs d'Autriche. Le gobelet de Philippe-le-Bon (début du 15° siècle) est serti de diamants d'un grand intérêt historique pour la taille du diamant pendant le Moyen-Age.

Pyrope : plus grosse pierre trouvée en Bohême et achetée 45 000 thalers par Rodolphe II (centre d'un collier).

Emeraude : petit vase de 10 cm (2 681 carats) taillé et gravé dans un très gros cristal par l'un des Miséroni, célèbre famille de graveurs italiens dont on peut voir plusieurs chefs-d'oeuvre dans le trésor dont une pyramide en quartz de 115 cm de haut et un vase en quartz fumé de 43 cm de haut.

La collection de l'ancien Cabinet Impérial contient d'admirables camées et intailles dont "le grand Camée de Vienne" gravé au 1° siècle par Dioscoride.

Naturhistorisches Museum

Importante collection de minéralogie comprenant quelques bijoux et pierres précieuses dont l'extraordinaire émeraude de l'Empereur aztèque Montezuma.

Emeraude : "dite de Montezuma" bloc de 18 x 13 cm avec plusieurs cristaux bien formés de 1 à 6 x 4 cm (Colombie probable).

Hiddenite : (spodumène vert vif) cristaux de belle couleur 3 x 0,6 cm (Pala, Californie).

Un certain nombre de pièces précieuses ou historiques sont conservées en coffre : diamants bruts, diamant jaune taillé, et nombreux objets en gemme ou pierre décorative.

DANEMARK

COPENHAGUE

Ambre : série de grands blocs bruts conservés dans la collection d'archéologie.

ESPAGNE

ESCURIAL

Palais de l'Escurial

Le tabernacle en pierres fines gravées du maître-Autel de la chapelle est le chef-d'oeuvre du célèbre graveur italien Jacopo da Trezzo protégé de Philippe II et maître de Gaspare et Girolamo Misseroni.

ITALIE

FLORENCE

Palais Pitti (Musée des Argents)

Ce beau musée abrite une petite partie de ce qui a été, pendant la Renaissance, la plus grande collection d'objets d'art du Monde, celle des Médicis.

Turquoise : buste de Tibère monté sur or (1° siècle ?).

Agate : vase en sardoine de 45 cm de haut, l'un des plus grands monuments de la glyptique romaine qui nous soit parvenu.

- Vase en sardonyx orientale de 31 cm de haut avec anses prises dans la masse.

Quartz : coupe en cristal de roche de 43 x 42 cm (Sarachi, Milan) et nombreux objets en améthyste, jaspe sanguin, sardoine, etc. Belle mosaïque de gemmes représentant Côme II. Belle série d'objets d'ambre, et de camées et intailles antiques et de la Renaissance.

Lapis-lazuli : grand vase 40,5 cm (le plus grand connu en cette matière), et aiguière 27 cm, et tasses.

Nombreux objets fabriqués au Casino de San-Marco et à Milan au 16° siècle.

N A P L E S

Musée National des Antiquités

Ce grand musée renferme une très importante collection d'objets romains antiques provenant de Pompei et d'Herculanum. "La tassa Farnèse" cilix sans pied du 1° siècle avant J.C. gravée très vraisemblablement à Alexandrie pour les Ptolémées, est avec la coupe dite des Ptolémées (Cabinet des Médailles, Paris) l'un des deux plus grands chefs-d'oeuvre de la glyptique antique, orgueil des collections de Paul II et de Laurent de Médicis.

V E N I S E

Cathédrale Saint-Marc

Le trésor renferme la célèbre Palio d'oro incrusté de nombreuses pierres précieuses mais aussi une exceptionnelle coupe en turquoise, beau travail persan (6-8° siècle) avec riche monture byzantine (10-11° siècle) offerte en 1472 à la République de Venise par le Shah de Perse.

PAYS-BAS

L E Y D E

Muséum de sciences naturelles

Topaze : très beau cristal limpide bleu-pâle de 20 x 15 x 15 cm, (Brésil).

Emeraude : joli cristal de 3,7 x 3 cm (Muzo, Colombie).

SUEDE

STOCKHOLM

Statens Historiska Museet

Agate : grand reliquaire du 11° siècle en sardonyx orientale avec monture en or et pierres précieuses parmi lesquelles se trouve un très gros cabochon de saphir.

SUISSE

SAINT-MAURICE

Abbaye (près du lac Léman, Suisse)

On peut voir dans ce remarquable trésor un célèbre vase antique en sardoine (22,3 x 11,3 cm), merveille de la glyptique romaine du 1° siècle avec une monture du 8° siècle.

TCHECOSLOVAQUIE

PRAGUE

Cathédrale Saint-Guy

La chapelle Saint-Venceslas est recouverte de plaques d'améthyste, agate, jaspe de l'époque de Charles IV (14° siècle) riche décoration que l'on retrouve dans la chapelle de Sainte-Catherine et de l'église de la Sainte-Croix au Château de Karlstejn. Les joyaux du couronnement sont conservés dans la cathédrale et montrés lors de rares expositions ce qui est dommage car la couronne de Charles IV est le plus riche joyau qui nous soit parvenu intact du Moyen-Age (1346 remanié en 1376), elle est sertie de :

Saphir : 19 cabochons dont les six plus gros pèsent entre 200 et 330 carats et comptent parmi les dix premiers grands saphirs connus.

Rubis : grande pierre de 250 carats (assez grivée).

Spinelle : 45 pierres dont le plus beau pèse 100 carats, et 15 ont un poids supérieur à 30 carats.

Narodni Museum

Rubis : belle pierre pure de bonne couleur 27,11 carats (Mogok).

TURQUIE

I S T A M B O U L

Topkapi

Ce trésor admirable contenait au 18° siècle près de 200 000 objets. Les reliques de l'islam (reliques du prophète Mahomet), ramenées du Caire au début du 16° siècle par Selim 1°, sont conservées dans une pièce distincte du Trésor, dans des coffres et coffrets d'or ornés de rubis, saphirs, turquoises et perles (manteau, dent, poils de barbe, sceau en cornaline de Mahomet), l'un des épées du prophète remontée au début du 17° siècle, a son fourreau, poignée et garde en or, enrichis de rubis et de turquoises. Quelques splendides émeraudes, montées sur des pendants votifs envoyés par les sultans pour orner la tom du prophète ont été ramenés de Médine à Istamboul en 1915.

Diamant : pendeloque de 86 carats taillé sous le règne de Mehmet IV.

- Un rare diamant violet monté en bague.

Emeraude : grand hexagone de 6 cm sur un pendant votif d'émeraudes et de perles avec deux autres émeraudes en forme d'ovoïdes percés de 3,5 et 3 cm de diamètre. Un autre pendant comporte trois héxagones de plus de 3 cm.

- Grand cristal parfait de grosseur exceptionnelle (8 cm) monté sur un pendant avec des chapelets et glands de perles.

- Une autre grande émeraude forme le corps d'un pendant en forme de lanterne hexagonale surmonté d'un dôme constitué de chatons sertis de diamants et de rubis (date indiquée : 1617).

- Trois hexagones (dont un mesure 7 x 6 x 4 cm et deux autres environ 5 cm) ornent le trone de Ahmet 1° tout couvert d'incrustations de nacre et de gemmes (émeraudes, spinelles, etc). La plus grosse émeraude est montée sur l'ornement de perles pendant du toit du trone, les deux autres sont sertiessur le dossier.

- Trois splendides cabochons de 4 x 3 cm ornent la poignée d'un poignard d'or émaillé garni de diamants de tailles irrégulières (18° siècle). Une émeraude de 7 cm de long, sert de poignée à un autre poignard (17° siècle).

- Une tabatière ronde de 4 cm de diamètre et 2 cm de hauteur a été taillée dans une émeraude. Une seconde émeraude de 3,5 x 3 cm lui sert de couvercle.

Grenat (ou spinelle ?) : gros cabochon rouge vif avec deux émeraudes sur ornement de turban (les trois pierres ont 5 cm de long).

Péridot : le trésor possède un très grand nombre de pierres de grosseur exceptionnelle, Zebirget, Egypte. La plus grande partie de ces péridots (cabochons) ne sont pas montés.

- 955 cabochons de diverses grosseurs (appelés souvent à tort topazes) sont sertis sur le devant et les côtés en or d'un trone en forme de lit.

A propos des énormes cabochons d'émeraudes non montées, beaucoup de spécialistes ont des doutes sérieux sur l'authenticité de ces blocs de couleur "vert-émeraude" présentés comme étant les plus grosses émeraudes du monde et qui seraient en réalité des verres vénitiens fabriqués pendant la Renaissance.

U.R.S.S.

L E N I N G R A D

Musée de l'Hermitage

Ce grand musée possède une belle collection d'objets d'art et de remarquables camées antiques.

Institut des mines

Dans la salle consacrée aux pierres précieuses on peut voir de nombreux objets en pierres décoratives : amphores en rhodonite et importante série d'objets en malachite.

Parmi les gemmes brutes on peut signaler :

Aigue-marine : un groupe de 40 x 30 cm avec des cristaux de 10 cm, (Murzinka, Oural).

Emeraude : belle collection de cristaux d'excellente couleur (Oural).
Alexandrite : groupe de 3 cristaux de 5 à 6 x 3 cm (Takowaja, Oural).
Topaze : cristal bleu de 12 x 12 x 8 cm (Murzinka, Oural).

M O S C O U

Fond diamantaire de l'U.R.S.S. Kremlin

Le trésor de l'Union Soviétique est constitué par les anciennes collections des Tsars qui forment un ensemble vraiment exceptionnel dont les montures sont souvent de factures françaises (Duval, Posier).

Nous ne citerons que :

Diamant : "l'Orloff" beau diamant des Indes de taille ancienne mogole, 189,6 carats, monté sur le sceptre impérial.

"Le Shah", célèbre pour sa forme allongée et dont les plus grandes faces sont recouvertes d'inscriptions persanes gravées en creux, 88,70 carats.

Spinelle : belle pierre de 400 carats qui a gardé sa forme naturelle de galet roulé de couleur rouge vif (sommet de la grande couronne impériale).

Saphir : belle pierre bleu-bleuet lumineux de 258,80 carats.
Emeraude : belle pierre rectangulaire de 136,25 carats.
Péridot : belle pierre ovale de 192,20 carats.

Musée Fersman, académie des sciences de l'U.R.S.S.

Cette grande collection de minéralogie comprend une série de très beaux objets d'art en gemmes et une collection de pierres précieuses. Parmi les cristaux bruts on peut citer :

Emeraude : cristal vert brillant de 12 x 8 cm (Takowaja, Oural).
Alexandrite : splendide groupe de 25 x 15 cm avec cristaux de 6 x 3 cm (Takowaja).

Aigue-marine : cristal vert-bleu avec très belles faces 18 x 3 cm, (Adun-Chilon, Sibérie).

EGYPTE

LE CAIRE

Musée des antiquités égyptiennes

Fantastique collection de bijoux égyptiens de toutes les époques en particulier de la 12° et 18° Dynastie. Le beau trésor et le mobilier de la tombe de Toutankhamon comprend à lui tout seul plus de 2 000 objets.

MOZAMBIQUE

LOURENCO MARQUES

Musée Feire de Andrade

Belle collection de minéralogie régionale. Quelques pièces comptent parmi les plus belles du monde :

Tourmaline rose : magnifique cristal de 42 cm de haut (Muiiane, Alto-Ligonha, Mozambique).

Zircon : cristal parfait brun violacé de 7 x 5 cm (Teete, Mozambique).

Béryl rose : beau cristal de 20 x 15 cm (Alto-Ligonha, Mozambique).

IRAN

TEHERAN

Banque Markazi

Le trésor impérial de l'Iran est le plus spectaculaire et le mieux présenté que l'on puisse voir de nos jours. Il comprend le trône de Nadir 225 x 95 cm en or émaillé orné de plusieurs dizaines de milliers de perles et pierres précieuses, les couronnes et parures impériales, chefs-d'oeuvre de la joaillerie persane, mogole et française, et une fabuleuse collection d'objets très précieux de grande valeur artistique et matérielle. Parmi les pierres de grande dimension on peut citer :

Rubis : 75 carats cabochon ovale rouge pourpre
55 carats cabochon étoilé rouge pourpre
50 carats cabochon ovale de même couleur
et 45 carats cabochon étoilé, sertis tous les quatre avec 51 000 autres pierres précieuses sur le grand globe terrestre en or (avec des émeraudes de 100 à 175 carats et des spinelles rouges de 80 à 200 carats).

35 carats cabochon irréguliers sertis dans le trône de Nadir. Signalons encore une belle boucle de ceinture avec 85 pierres birmanes de 2 à 11 carats.

Diamant : "Daraya-i-Nur", grande table rectangulaire de 4 x 3 x 1,2 cm rose-pâle et limpide, sans défaut (185 carats environ), monté en broche (Inde).

"Taj-i-Mah" : pierre incolore de taille ancienne mogole, 115 carats (Inde).

"Nur-ul-Ain", magnifique pierre rose vif limpide de 60 carats (Inde), montée sur la 2° couronne de l'Impératrice qui est constituée d'un ensemble de diamants de couleur (rose, bleu, jaune).

- Un collier de facture française comporte neuf diamants taillés en briolettes percées à leur extrémité et pesant de 10 à 45 carats (forme de taille assez rare).

Le trésor contient un grand nombre de diamants non montés, provenant de l'Inde : 72,8 carats ; 54,6 carats ; 47,3 carats ayant une taille ancienne mogole.

Toute une série de gros diamants jaunes proviennent d'Afrique du Sud et ont une forme de taille plus récente : 152 carats ; 135,5 carats ; trois pierres de 120 carats chacun, puis 86,6 carats ; 78,9 carats ; 75,3 carats ; 65,6 carats, etc.

Un diamant jaune vif de 60 carats orne le centre de la couronne impériale.

Emeraude : le trésor contient une très grande quantité de cabochons d'émeraude de 100 à 300 carats.

- Un gros cabochon plat de 52 x 43 mm, pesant 175 carats, est monté au centre de la ceinture impériale.

- Un autre gros cabochon de 225 carats est au centre du dossier du trone de Nadir avec plusieurs autres cabochons de 170 ; 130 ; 125 carats, etc.

- Le bouclier de Nadir est orné de douze grosses émeraudes de formes de taille variées : 140 carats, 95 carats, 3 autres pierres de 90 carats chacune, etc.

- deux grandes pierres rectangulaires facettées (110 et 100 carats) et montées sur l'épée impériale.

- On peut encore signaler plusieurs gros cabochons percés et non montés : 320 carats ; 303 carats ; 144,4 carats, etc, et deux autres cabochons de forme hexagonale et gravés, pesant approximativement 250 carats chacun.

Spinelle : galet roulé poli rouge vif de 500 carats mesurant 5,5 x 3,5 x 3,3 cm et plusieurs autres pierres de plus de 200 carats, dont une est montée sur un collier comportant 20 pierres totalisant 2 310 carats, et une autre de 225 carats, sertie au centre du Bouclier de Nadir.

CANADA

T O R O N T O

Royal Ontario Museum

Musée de présentation très moderne avec une série de gemmes taillées :

Béryl orangé : grande pierre taillée de 1 625 carats (Minas Gerais, Brésil).

Topaze bleue : énorme pierre taillée de 3 000 carats (Brésil).

COLOMBIE

B O G O T A

Musée de l'or

Outre les beaux objets anciens en or, ce musée renferme trois énormes cristaux d'émeraude transparente de très grande valeur.

ETATS-UNIS

H A R V A R D

University Museum

La collection de minéralogie est la plus ancienne des Etats-Unis, on peut y voir en particulier :

Béryl rose : cristal de 25 x 6 cm (Sheaa Mine, Governador Valadares, Brésil).

Kunzite : beau cristal de 2 200 g (Pala, Californie).

Tourmaline : cristal bleu et rose de 35 x 20 x 15 cm (Governador Valadares, Brésil).

N E W - Y O R K

Metropolitan Museum

Riche collection de joyaux et d'objets d'art avec en particulier de beaux bijoux égyptiens de la 12° Dynastie et une belle série de camées et intailles antiques.

Museum of Natural History

Grande collection de minéralogie comprenant une belle série de gemmes taillées.

Saphir : "Etoile de l'Inde", cabochon bleu laiteux de 563 carats, 4 cm de diamètre (Ceylan).

Saphir jaune : belle pierre de 100 carats (Ceylan).

Rubis : "De Long'Star Ruby", cabochon étoilé de 100 carats, (Birmanie).

Quelques cristaux bruts sont remarquables :

Bénitoïte : grande plaque de 40 x 40 cm avec une cinquantaine de cristaux de 3 cm (San-Benito, Californie).

Opale : plaque de 50 x 15 cm couverte d'opale (White-Cliff, Australie).

Topaze : cristal parfait semi transparent de 80 x 60 x 60 cm, 300 kg (Minas-Gerais, Brésil).

Emeraude : "The Patricia emerald" cristal vert foncé de 632 carats, (Chivor, Colombie).

WASHINGTON

National Galery of Art

Ce riche musée possède le calice de Suger de Saint-Denis, vase antique en sardonyx orientale avec monture du milieu du 12° siècle.

Smithnsonian Institution

Le musée de minéralogie est le second du monde, les collections comprennent un ensemble unique remarquablement présenté de gemmes de grande valeur et une belle série de Jades et d'objets en pierres décoratives.

Diamant : "Le Hope", célèbre diamant bleu de 44,5 carats.
"Portuguese", diamant incolore de 127 carats (Brésil).
Rubis : "Rosser Reeves Rubis", grande pierre étoilée de 140 carats (Ceylan).
Saphir : "Star of Asia", cabochon étoilé de 330 carats (Birmanie).
"Star of Artaban", cabochon étoilé de 316 carats (Ceylan).
Béryl rose : 122 carats (Californie).
Aigue-marine : 1000 carats (Brésil).
Béryl vert-jaune : 2054 carats (Brésil).
Alexandrite : 66 carats (Ceylan).
Oeil-de-chat : "The Maharani", splendide cabochon de 58 carats, (Ceylan), et cabochon gris-vert de 172 carats (Ceylan).
Topaze jaunâtre : énorme pierre taillée de 7 725 carats(Brésil).
Rubellite : 111 carats (Mandchourie).
Tourmaline verte : 123 carats (Mozambique).
Péridot : 287 carats (Birmanie).
Kunzite : 830 carats (Brésil).

Almandin : 175 carats cabochon étoilé (Idaho).

Demantoïde : 10,5 carats (Oural).

Sinhalite : 110 carats (Ceylan).

Euclase verte : 13 carats (Brésil).

Bénitoïte : 7,5 carats (Californie).

Quelques cristaux bruts sont remarquables :

Aigue-marine : cristal parfait de 25 x 10 cm entièrement gemme, (Brésil).

Chrysobéryl : macle de 4 x 4 x 2 cm parfaitement gemme (Brésil).

Zoïsite bleu : cristal gemme de 4,5 x 2,5 x 2 cm (Tanzanie).

D E U X I E M E P A R T I E

LES PRINCIPAUX GISEMENTS D'INTERET ECONOMIQUE

DE PIERRES PRECIEUSES ET AUTRES GEMMES

-o-

GEOLOGIE DES PIERRES PRECIEUSES

En raison de sa très grande importance industrielle et de sa valeur en tant que gemme, le diamant (le plus dur de tous les minéraux) est la pierre précieuse dont la géologie est la plus étudiée. Malheureusement, si l'on sait que l'on a toujours de fortes chances de le découvrir dans les kimberlites(1), où il a pu se former sous des pressions et des températures élevées, on ne peut absolument pas prévoir quelle sera la proportion des qualités gemmes rencontrées, proportion qui peut varier de 1 à 2 % (Bakwanga) jusqu'à 98 % (Sud Ouest africain). Le problème se complique beaucoup lorsqu'on saura que la plus grande partie des plus belles émeraudes et des plus beaux rubis proviennent de deux régions de Colombie et de Birmanie qui n'ont pas d'équivalent ailleurs dans le monde en ce qui concerne le type de gisement et la quantité de belles gemmes rencontrées. On peut en déduire qu'il n'y a pas à proprement parler de "géologie des pierres précieuses". Si l'on sait d'avance dans quel contexte géologique se rencontrent les gîtes de telle ou telle espèce minérale, il est impossible de prévoir si leurs cristaux seront "gemmes", c'est-à-dire suffisamment transparents et colorés pour être taillés. La probabilité de rencontrer tel minéral dans tel type de gîtes concernera donc surtout sa composition chimique et son type de structure pouvant apparaître dans telles conditions thermodynamiques (équilibre pression-température), et n'interviendra pas pratiquement sur le degré de qualité des gemmes. Dans certains cas, les gemmes sont abondantes, dans d'autres cas, et pour un type de gîte semblable, les cristaux seront pierreux, de mauvaise couleur, trop petits ou trop rares pour être mis en exploitation.

Pour ces raisons, on admettra que toute étude générale en matière de corrélation ou de recherches "prévisionnelles" ne serait pas sérieuse, et que chaque gisement présente, en ce qui concerne les qualités gemmes, des caractères particuliers qui nécessitent une étude individuelle et approfondie sur place.

---

(1) Sa roche-mère ou la roche qui l'a remonté vers la surface.
Une théorie récente envisage sa formation dans le magma kimberlitique des profondeurs du manteau terrestre, à partir d'une formation de noyaux de cristallisations (ou germes) de diamant, suivie d'une évolution métastable continuelle pendant la remontée de ce magma ultrabasique et dans les réservoirs magmatiques intercrustaux ; le diamant n'aurait terminé sa croissance que lors de l'éruption des pipes kimberlitiques à la surface (Mitchell et Crocket, 1971).

Cela expliquerait en partie qu'il existe si peu d'études globales et approfondies sur la géologie et l'économie minière des pierres précieuses et autres gemmes.

L'ECONOMIE MINIERE DES PIERRES PRECIEUSES A L'HEURE ACTUELLE

Considérés sous un aspect d'économie minière, le vol et le trafic illégal des pierres précieuses compliquent à souhait toute analyse rationnelle du marché mondial, ce qui explique le décalage apparent qui existe entre les valeurs obtenues par compilations des statistiques douanières et fiscales et la valeur de la masse réelle de gemmes brutes apparaissant annuellement sur le marché.

Il est bien évident qu'un subtil équilibre entre les sources de production et l'écoulement des produits taillés et montés proposés au public par les boutiquiers s'est mis naturellement en place depuis des siècles, et que chaque fois qu'une source de production était défaillante, l'influence de la mode, et la diversité des autres variétés de gemmes offertes au public, permettaient au dernier stade de distribution de répondre normalement à la demande (en influençant le choix du public au mieux de l'intérêt général, et en tenant compte que le boutiquier est toujours responsable de ce qu'il vend vis-à-vis de sa clientèle).

Si, par le passé, certaines surproductions temporaires ont affolé le marché mondial, ce phénomène est amorti à l'heure actuelle par l'existence d'un réseau très varié d'intermédiaires entre la production et le consommateur : importateurs et grossistes (lapidaires et diamantaires) qui transforment le produit brut en produit prêt à être utilisé par les joailliers et les bijoutiers. On comprendra dès lors qu'il existe, entre le prix au sortir de la mine et le prix imposé au public, un écart qui peut paraître très élevé si l'on tient compte qu'il n'y a, en apparence, aucune transformation nécessitant des investissements industriels importants.

Mais cet écart s'explique très bien si l'on sait qu'il existe chez les grossistes, les lapidaires, et même chez les bijoutiers, d'importants rebuts (ou invendus), que certains d'entre eux sont obligés d'acheter des lots entiers pour pouvoir obtenir quelques bonnes pierres utilisables, et qu'en majorité les grandes maisons sont obligées de posséder des réserves assez importantes de matière brute ou de pierres taillées afin de faire face à une demande régulière, alors que les sources d'approvisionnement sont parfois irrégulières, voire sporadiques.

A un échelon très élevé, il ne faut pas oublier que la Société De Beers s'impose parfois, afin de régulariser le marché mondial, d'acheter des productions importantes de certaines qualités de diamants qu'elle ne peut pas revendre dans un avenir immédiat, ce qui lui impose une certaine immobilisation de capitaux.

L'analyse du marché mondial, très variable suivant les régions, est assez complexe. On peut, cependant, mettre en évidence certains mécanismes qui en montrent les éléments les plus particuliers :

- Le vol et le trafic illégal sont le fait, dans un grand nombre de pays sous-développés, des autochtones qui ne paient évidemment pas l'impôt, d'où absence de rentrées fiscales qui pourraient être affectées à des travaux d'intérêt général dans ces pays du tiers-monde.

- La recherche, ou plus exactement l'écrémage, des parties riches des zones superficielles des gisements par les ouvriers clandestins conduit très souvent à l'impossibilité de reprendre l'exploitation rationnelle mécanisée de ces gîtes par des compagnies minières qui versent, par ailleurs, d'importantes sommes pour les permis d'exploitation : impôts sur la production, taxes diverses.

- Comme pour toutes les autres productions minérales, les compagnies minières n'exploitent les concentrations gemmifères que si le prix des matières brutes au sortir de la mine est suffisant pour rentabiliser l'extraction. C'est une règle *quasi* générale et, quand une mine n'est plus rentable, elle est fermée provisoirement jusqu'à ce que le cours de la matière première brute soit suffisant pour permettre une reprise de l'exploitation, ou les méthodes d'exploitation améliorées.

On peut penser que les prix d'achat sont partiellement influencés par la concurrence des exploitants clandestins qui peuvent proposer des marchandises à des prix plus bas que ceux des exploitants réguliers payant l'impôt.

On pourrait croire qu'une nationalisation des exploitations, avec création d'atelier de taille et monopole du commerce pris en charge par l'état, est toujours souhaitable, et devrait aboutir à un enrichissement du revenu national. Cela est concevable à l'état de projet sur papier, mais difficilement réalisable. Nous donnerons plus loin, dans le chapitre consacré à l'émeraude, un exemple important d'exploitation de mines nationalisées, véritablement scandaleux et ouvertement dénoncé par les revues scientifiques spécialisées. Même dans des états socialistes, on a pu constater à maintes reprises que les détournements et trafics illégaux de pierres précieuses n'ont pas cessé, et que de retentissants scandales ont motivé, dans tel pays, l'expulsion d'Afrique de techniciens de pays de l'Europe de l'Est, et, dans tel autre pays, la condamnation à mort d'un ministre en exercice pour trafic illégal à son profit. Il faut dire que les conditions géographiques particulières de certains pays tropicaux (distance, végétation) ne permettent pas toujours une surveillance efficace des zones de production.

- Lorsqu'une nationalisation intervient, on constate toujours (ou presque) une baisse considérable de la production. Nous ne pouvons entrer dans le détail de ce phénomène lié à des problèmes psychologiques, nous ne ferons que les évoquer sommairement :

- En période d'instabilité et de troubles politiques, seules les vieilles compagnies minières possédant des structures solides peuvent assurer une production régulière et un écoulement normal de leur production, en effectuant les surveillances rendues indispensables contre le vol ou l'exploitation clandestine de leurs concessions en dehors du périmètre d'exploitation. Car dans certains cas, celle-ci ne peut être envisagée qu'à l'intérieur d'un véritable camp retranché gardé militairement.

- Les baisses de rendement en cas de nationalisation coïncident avec la désorganisation relative ou totale des exploitations causée par le départ des spécialistes, ou avec le manque de responsabilité effective des fonctionnaires qui les remplacent et qui ne peuvent administrativement pas, ou ne savent pas, maîtriser les problèmes particuliers posés par la production de matières précieuses. L'arrêt peut être aussi provisoire et le fait d'un manque de compétence ou de psychologie en ce qui concerne la commercialisation de la production, ou de sa rentabilisation, en choisissant d'autres moyens d'extraction plus ou moins bien adaptés au traitement des gemmes.

Il ne faut pas oublier que l'écoulement d'une production de pierres précieuses est bien plus complexe que la vente de matières premières vitales pour l'industrie, et que l'arrêt de production d'une variété de gemme n'est pas catastrophique pour la bijouterie. Il en résulte que l'économie et la géopolitique minière pour les gemmes n'est un ensemble cohérent qu'en apparence. En particulier : pour les pierres précieuses de couleur ou certaines pierres fines, la demande peut varier en fonction de la mode, ou en fonction d'une action publicitaire dirigée en vue de substituer l'utilisation de telle gemme par une autre gemme de valeur équivalente par exemple.

Il est bien évident que l'écoulement des produits de luxe est plus le fait de l'élégance des moyens employés et des critères de persuasion fondés sur la qualité des matières, que celui d'une série de mesures administratives prises par des fonctionnaires tout à fait étrangers aux subtilités de la commercialisation des gemmes dont dépend absolument leur économie minière.

C'est ainsi que dans certains pays, les responsables de l'administration ont ruiné irrémédiablement des industries minières ou artisanales traditionnelles par des mesures aussi brutales que néfastes pour leur économie.

- Un autre aspect très important est que la découverte de zones gemmifères nouvelles incite une masse parfois considérable de paysans à abandonner leur culture dans l'espoir d'un profit aussi rapide qu'aléatoire. Ce processus est parfois très néfaste lorsque l'économie d'un pays est fragile et qu'elle est surtout basée sur l'agriculture. Il est bien évident que la recherche de gemmes est d'autant plus forcenée (c'est le mot exact, parfois) que le prix d'achat tend à s'élever sensiblement.

Nous avons vu quelques problèmes qui sont tout à fait d'actualité, et que nous devions absolument évoquer, avant de passer à la description des principaux gisements de gemmes, dont l'étude ne peut être séparée, en définitive, des problèmes économiques qui rendent possible la mise en exploitation de tel ou tel type d'industrie minière de pierres précieuses, fines, ou décoratives.

LES PRINCIPAUX GISEMENTS DE PIERRES PRECIEUSES

I - Le diamant

Aperçu économique

Le diamant, indispensable à l'industrie et très recherché pour les usages de la joaillerie, est l'une des productions minières dont la demande ne cesse de croître régulièrement. Sa consommation étant proportionnelle à celle de l'acier (7 carats ou 1,4 gramme pour 100 tonnes d'acier), sa prospection est active dans toutes les parties du monde. Les usages du diamant dans l'industrie (dus à sa dureté) sont de plus en plus variés (scies diamantées, dresse-meules, couronne de sondage, outils de tour, aléseurs, forets, etc). Naturellement, le prix élevé des variétés gemmes augmente beaucoup la valeur de l'ensemble de la production, ce qui rentabilise un grand nombre d'exploitation. En poids, la proportion de qualité gemme correspond à peu près à 20 % du total, la valeur de ces 20 % étant plus élevée que la valeur des 80 % de qualité industrielle (diamants inutilisables en joaillerie + "crushing boart" qui représente, à lui seul, 55 % du total de la production)(1).

Depuis l'Antiquité jusqu'à une période récente, les variétés industrielles n'étaient pas très utilisées, le diamant n'étant recherché que pour la joaillerie ou la glyptique (gravure sur pierres fines), ce qui explique que la valeur moyenne au carat des diamants extraits avant l'ère industrielle était beaucoup plus élevée que de nos jours.

Selon les statistiques minières, la production cumulée de diamant à fin 1970 serait de 1 250 millions de carats (250 tonnes) dont 20 % gemmes = 250 millions de carats. Comme l'histoire nous montre que ce sont toujours les meilleurs diamants que l'on vole ou que l'on déprécie devant l'impôt, on peut raisonnablement envisager que la production cumulée de diamant-gemme représente à fin 1970 : 275 milliards de francs (valeur et non "prix de gros" au sortir des mines); nous avons tenu compte, dans ce chiffre global, des productions incontrôlées - entre 15 et 25 % - et d'un facteur de correction rétablissant aux qualités supérieures et aux grandes pierres leur valeur réelle.

---

(1) En 1970, la production de diamants synthétiques (44 millions de carats) a dépassé la production de diamants naturels à usage industriel (environ 40 millions de carats).

PRINCIPAUX PAYS EXPORTATEURS DE DIAMANTS (toutes qualités)

(d'après Mining annual review, 1971 et recalculé en francs)

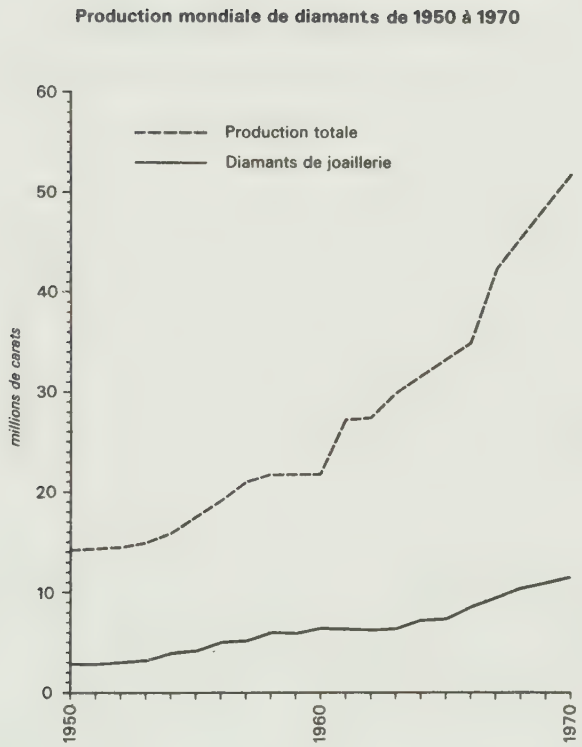
PRINCIPAUX PAYS PRODUCTEURS	1968 (en millions de francs)	1969
République d'Afrique du Sud	1 314	1 507
U.R.S.S.	-	(1)
Sierra Leone	315	374
Angola	275	363
Congo Kinshasa (Zaïre)	258	302
Tanzanie	110	143
République centre africaine	110	82
Ghana	93	77
Exportations depuis quelques grands centres (2) :		
Angleterre (Londres)	3 734	3 965
Belgique (Anvers)	2 348 (3)	2 629 (3)
Israël	1 314 (3)	1 507 (3)

(1) 880 millions de francs achetés par l'Angleterre en 1969.

(2) c.a.d. réexportations après classement (ou taille (3)).

(3) Surtout qualité joaillerie taillée.

Les achats de diamants par la filiale de la Cie De Beers correspondent à la *quasi* totalité du chiffre donné par ailleurs par les statistiques officielles douanières anglaises : 314 417 000 £ (Overseas Trade Statistics of the United Kingdom, december 1970). Les ventes pour 1969 étant de 3 965 millions de francs, on peut donc en déduire que ce chiffre + les autres ventes légales + les ventes illégales (produit de vols, fraudes, exploitations illicites) + le facteur de correction rétablissant aux qualités supérieures et aux grandes pierres gemmes leur valeur réelle, représente : 6 milliards de francs dont près de 4,5 milliards de francs de diamants en qualité gemme (leur production dépasse actuellement 10 millions de carats par an et représente 90,7 % de l'ensemble de la production mondiale annuelle des gemmes).



Progression de la production mondiale annuelle de diamant depuis 1950

Les réserves ne seraient pas importantes dans les gisements reconnus : 630 millions de carats pour les qualités industrielles d'après l'U.S. Bureau of Mines (Bulletin 650 de 1970) ; ce qui représenterait, pour les qualités gemmes, 120 millions de carats soit dix fois la production de 1970 (voir graphique).

Mode de gisement

La gîtologie du diamant est variée. On le rencontre dans les kimberlites, roches ultrabasiques assez particulières qui se rencontrent sous forme de "pipe", sorte de cheminée d'explosion volcanique, ou de "dyke", sorte de filon vertical peu épais ; on le rencontre aussi dans les éluvions et les alluvions qui dérivent directement du démantèlement des pipes et des dykes(1), ainsi que dans des gîtes secondaires, c'est-à-dire remaniés : conglomérats, grès, terrasses marines, formations dunaires, etc.

Les pipes, remplis de brèches cimentées par la kimberlite, ont des diamètres qui peuvent varier de quelques dizaines de mètres à plus d'un kilomètre. Leur âge s'échelonne entre 2 200 et 80 millions d'années. Les plus anciennes venues (Ghana par exemple) se sont mises en place au Précambrien, mais c'est au Crétacé que leur venue fut la plus importante : 75 % de la production actuelle en dérive(2).

La concentration en diamant dans la roche primaire est assez faible, les teneurs les plus basses exploitées varient entre 0,07 et 0,10 carat/tonne, une teneur de 1,5 carat/tonne est jugée exceptionnelle.

Certains minéraux associés au diamant dans la roche et l'accompagnant dans les alluvions : pyrope, diopside chromifère, ilménite magnésienne, peuvent servir de "traceurs". Plus abondants, ils sont systématiquement recherchés lors de sa prospection.

---

(1) L'érosion de ces kimberlites, à plusieurs époques, a permis de minéraliser des alluvions ou éluvions anciennes devenues parfois métamorphiques et constituant des gîtes secondaires qui peuvent à leur tour être érodés et minéraliser des alluvions et éluvions plus récentes.

(2) Toutes ces venues kimberlitiques ne sont pas forcément minéralisées.

En ce qui concerne la teneur minimale exploitable de diamant en alluvion, certaines grandes sociétés exploitent des graviers dont la teneur descend rarement à environ 0,015 carat par mètre cube. Une teneur de 2,5 carats par mètre cube est exceptionnelle.

INDE

Les textes védiques permettent de faire remonter l'exploitation du diamant en Inde au 8° siècle avant J.C. Ce pays est resté seul producteur pendant 2 600 ans et n'a perdu son monopole que vers le milieu du 18° siècle (les gisements du Brésil ont été découverts à cette époque). Huit à dix millions de carats auraient été extraits, ce qui représenterait une valeur supérieure à 5 milliards de francs. L'exploitation du diamant a culminé pendant tout le 18° siècle et n'a commencé à décliner qu'au 19°. Au début de ce siècle quelques exploitations étaient encore ouvertes. Actuellement, la production est assez faible. D'après "The journal of Gemmology", avril 1970, elle aurait été la suivante pour ces dernières années :

1964	2 260 carats
1965	4 466 "
1966	2 113 "
1967	7 626 "
1968	8 764 "

Les gisements actuels sont situés dans la région de Panna (Rajasthan), le diamant est extrait de graviers et conglomérats (Ramkhéria), compris dans les formations gréseuses du Précambrien supérieur (série datée de 1 400 à 900 millions d'années), et aussi d'un "pipe" de kimberlite (Majhgawan).

Les anciens gisements s'étendent sur une vaste région (plus de mille kilomètres) et se localisent autour des centres de : Panna, Sambalpur, Wairagarh, Kollur. De cette dernière région et de Partial proviendraient les plus grands diamants de l'Inde : le Régent, l'Orlow, etc. connus sous le nom de diamants de Golconde, nom de l'ancienne capitale, et marché de diamant célèbre ruiné à la fin du 17° siècle par l'empereur Mogol Aurengzeb.

BRESIL

Les premiers diamants brésiliens auraient été découverts à Diamantina vers 1726 par Bernardino Fonsêca Lôbo. Depuis cette date, la production cumulée de diamant serait de l'ordre de 18 à 23 millions de carats (avec qualités industrielles) dont la valeur serait de l'ordre de 1,5 à 1,8 milliard de francs.

Les gisements sont très nombreux, mais pas très riches, ils sont dispersés à travers le pays sur près de 3 500 km du Nord au Sud et de 2 000 km d'Est en Ouest. A Diamantina, le diamant se rencontre dans les conglomérats : poudingues, dans les éluvions et les alluvions plus ou moins anciennes. La région est constituée de quartzites et de schistes de la Série Lavras (900 à 750 millions d'années). Le diamant a été surtout exploité dans le sol résiduel (éluvion) existant sur le conglomérat, et qui possède une concentration plus importante en diamant que le conglomérat lui-même. Les exploitations actuelles s'effectuent essentiellement en alluvions. Les gîtes les plus anciens ont près de 1 700 millions d'années (Précambrien) et sont situés dans le Nord du pays (Roraïma). Les plus belles pierres trouvées au Brésil proviennent de Coromandel (on y a trouvé une pierre de 726 carats surnommée "presidente Varga"), et de Tiros, Estrella do Sul, Patos de Minas, etc. situés dans le Crétacé.

Les méthodes d'exploitation des diamants brésiliens varient de l'artisanat primitif à l'exploitation industrialisée. C'est-à-dire qu'elles vont du lavage individuel par les "Garimpeiros" à l'abattage

hydraulique, à l'aide d'un jet d'eau puissant, des couches diamantifères qui s'effritent en boue coulant vers l'usine de traitement, l'exploitation la plus importante (Lavrinhas, sur le rio Jequitinhonha) s'effectuant à l'aide de deux dragues à godets recueillant les alluvions. La production par abattage hydraulique serait de 1 200 carats par mois avec beaucoup de pierres supérieures à un carat (et de bonne qualité), le dragage produisant mensuellement 8 000 carats. La production totale du Brésil serait supérieure à 300 000 carats par an.

U.R.S.S.

Les premiers diamants russes ont été découverts en 1830 dans les placers d'or de l'Oural à Krestovoz - Dvichensk. Mais ce pays n'est devenu un grand producteur de diamant que depuis la découverte des gisements sibériens de Yakoutie (rive gauche de la Lena). Les deux grands centres de production sont : Mirny et Shologontzky.

La production est devenue très rapidement importante : depuis 1964, elle aurait été la suivante (d'après l'U.S. Bureau of Mines et le Zeitschrift der deutschen Gemmologischen Gesellschaft) :

	Qualité gemme
1964	800 000 carats
1965	1 000 000 "
1966	1 200 000 "
1967	1 400 000 "
1968	1 400 000 "
1970	2 700 000 "

Près de 9 millions de carats de diamants-gemme auraient été extraits depuis 1961. Deux grandes pierres de plus de 100 carats ont été trouvées en 1967 et 1968 : "Maria" 106 carats, et "Stalingradski" 166 carats.

Les gisements sont disséminés sur une vaste région : le diamant se rencontre dans les kimberlites, près de 250 pipes et dykes auraient été recensés, l'âge de leurs venues s'échelonnent de l'infra-Cambrien au Jurassique. Le grand pipe "Mir" (= Paix), 500 x 300 m en surface, traverse l'Ordovicien, le Permien et le Jurassique ; ses éluvions sont très riches et contiendraient jusqu'à 2 carats/mètre cube. Les gisements secondaires détritiques anciens et les placers récents qui dérivent de ces kimberlites sont également activement exploités : dans l'Oural, le gîte le plus important est situé sur la rivière Vichera (alluvions). Partout, la prospection est basée sur la recherche du pyrope, grenat qui accompagne le diamant dans ses gisements.

République sud-africaine et Sud Ouest africain

Les premiers diamants d'Afrique du Sud ont été trouvés par des enfants en 1866; quelques années plus tard, ce pays devenait un très riche producteur minier grâce à la découverte des cheminées volcaniques diamantifères de Kimberley (d'où le nom de kimberlite) ; l'approvisionnement régulier de l'Europe en diamant donna alors une extraordinaire impulsion à toutes les professions qui s'y rattachent. Depuis, cette région privilégiée d'Afrique, avec le Sud Ouest africain, a produit quelques 165 millions de carats de diamant-gemme, dont la valeur représente la moitié de la richesse mondiale de pierres précieuses extraites à ce jour : soit 150 milliards de francs. Cette production comprend un nombre incroyable de grosses pierres de plus de 100 carats : la seule mine de Dutoitspan produit (d'après Sutton) une pierre de plus de cent carats tous les 17 000 carats, ce qui représente des centaines de beaux diamants de 100 à 442 carats ; de la mine Premier provient le fameux Cullinan 3 106 carats (trouvé en 1905) et de la mine de Jargenfontein proviennent l'Excelsior 993 carats et le Jubilé 650 carats (trouvés en 1893 et 1895).

Mais la plus riche découverte demeure celle des surprenants gisements côtiers du Sud Ouest africain : depuis l'origine, on y a extrait près de 38 millions de carats de gemmes (il n'y a presque pas de diamants industriels) ; comme la moyenne de grosseur des pierres est très élevée : 0,91 carat par pierre, une production d'une telle qualité peut représenter facilement 45 milliards de francs. Le pourcentage de pierres industrielles est très bas, la qualité blanc pur est de 60 % du total et si les grandes pierres sont rares, les belles pierres de 1 à 3 carats sont par contre fréquentes (Bardet, 1967).

On y a "tout de même" trouvé des pierres de 236, 180 et 138 carats, la dernière ayant été estimée en 1961 à 80 000 £ .

La majeure partie de la production actuelle provient de quatre grands centres :

1) Mine Premier, plus grande mine de diamant du monde dont la venue kimberlitique a 1 700 millions d'années (Précambrien).

2) Les quatre mines proches de Kimberley : De Beers, Wesselton, Dutoitspan et Bultfontein (la mine de Kimberley est actuellement fermée).

3) Finsch, dont la mise en exploitation est récente.

4) Et les dépôts de plage et dépôts sous-marins de la côte ouest et du Sud Ouest africain au Nord du fleuve Orange (dépôts alluvionnaires récents).

Sur deux cents pipes et dykes, vingt seulement sont diamantifères, la plupart ont 70 millions d'années (Crétacé supérieur). Les gisements détritiques et alluvionnaires qui en dérivent, surtout ceux du Vaal et de Lichtemberg sont à peu près épuisés, leurs diamants étaient néanmoins plus gros et plus beaux que ceux rencontrés dans les pipes (exploités de nos jours en galeries). Les réserves sont importantes, celles des gisements côtiers sont de l'ordre de trente millions de carats.

Toutes ces grandes exploitations appartiennent à la De Beers, société minière qui contrôle l'exploitation ou intervient en rachetant la production d'autres pays (Sierra Leone par exemple), et régularise et stabilise les prix sur le marché de Londres par l'intermédiaire d'une filiale : la Diamond Corporation ; ses ventes de diamants bruts sont proposées aux gros acheteurs par la Central Selling Organisation. On estime que 80 % du marché mondial de diamant-gemme est contrôlé par cette société, qui intervient aussi en contrôlant de nombreux bureaux d'achat parallèles créés dans les pays où existent de nombreuses productions artisanales en partie clandestines. Le tableau suivant donne le total des ventes de diamant brut effectué par la "Central Selling organisation of the diamond corp. Ltd" (4/5 des ventes légales) :

Année	Livres Sterling
1965	148 316 941
1966	177 845 823
1967	178 763 764
1968	250 129 109
1969	288 538 255
1970	220 510 610

ce qui nous donne une idée de l'importance de la valeur de la production mondiale (toutes qualités) qui progresse régulièrement malgré un recul en 1970 pour les ventes.

ZAIRE (ex-Congo belge)

Les premiers diamants ont été trouvés en 1907 ; depuis, ce pays assure en quantité la plus grande production de diamant industriel du monde. Cependant, la proportion de diamant-gemme est très faible et assez décevante en qualité : la production cumulée officielle est de 420 millions de carats auxquels il convient d'ajouter une production illicite de près de 100 millions de carats (on estime que la production des exploitations clandestines dépasse ces dernières années 5 millions de carats par an). Le gros de la production est constitué par le boart de Bakwanga, plus grand gisement du monde dont les réserves sont telles qu'elles représentent les 5/6 des réserves mondiales de diamant industriel. Cette immense quantité de boart provient des éluvions dérivant de brèches kimberlitiques étalées horizontalement dans des grès crétacés.

Les gemmes proviennent surtout des alluvions de la partie orientale du Kassaï ; la production des qualités gemmes indiquée par les statistiques est de 300 000 par an, il conviendrait d'y ajouter annuellement 200 000 carats extraits clandestinement et revendus à l'étranger (principalement à Brazzaville) ; la valeur cumulée de la production de diamant de joaillerie ne doit cependant pas dépasser 12 milliards de francs.

SIERRA LEONE

Découvert la première fois dans ce pays en 1930, le diamant provient des gîtes alluvionnaires dérivant de dykes de kimberlite d'âge crétacé. La production cumulée des qualités gemme doit être de l'ordre de 20 millions de carats et sa valeur de 18 à 20 milliards de francs, car les pierres de 20 à 50 carats ne sont pas rares (en 1945 un diamant de 770 carats a été offert au roi d'Angleterre). Les gisements sont riches en surface, le vol et la fraude ont pris des proportions alarmantes, et, certaines années, 80 000 à 100 000 mineurs clandestins écoulent vers le Libéria plus d'un million de carats par an ! C'est l'un des pays producteurs de diamant où la production illégale dépasse en valeur celle des compagnies minières régulières.

TANZANIE

Les premiers diamants y furent découverts en 1913 : la mine Williamson, située sur le grand pipe kimberlitique de Mwadui (intrusion d'époque crétacée), produit de magnifiques pierres parfois roses ou vertes avec une forte proportion de belle qualité gemme : 60 à 70 %. La production est en augmentation constante, la quantité de gemmes produites doit atteindre vraisemblablement 8 millions de carats dont la valeur voisine 5 milliards de francs ; le plus gros diamant trouvé pesait 240 carats.

ANGOLA

C'est en 1916 qu'on a découvert les premiers diamants de ce pays ; le centre de production est dans la région de Lunda où une cinquantaine de mines sont situées surtout le long des rivières Liumbé et Chimbé (en alluvions), les kimberlites sont connues au Sud Ouest de ces mines alluvionnaires. La production cumulée de diamant-gemme est de 24 millions de carats, surtout constituée par des pierres assez petites dont la valeur serait comprise entre 7 et 9 milliards de francs.

GHANA

Les diamants du Ghana sont très petits : découverts en 1919, ils proviennent de gisements alluvionnaires dérivants de gîtes détritiques très anciens (précambriens, 2 300 millions d'années). Malgré des bureaux d'achat, une partie notable de la production artisanale passe à l'étranger illégalement ; la production cumulée de qualité gemme doit correspondre à 20 millions de carats, mais, en raison de la petite taille des cristaux, elle ne dépasse probablement pas 5 milliards de francs.

LIBERIA ET REPUBLIQUE DU CONGO (Brazzaville)

Ces pays exportent une quantité appréciable de diamant chaque année, mais ne sont pas eux-mêmes de grands producteurs. Ils servent de relais pour certaines productions incontrôlées de pays limitrophes qui ne peuvent pas entrer en quantité en Europe ou en Amérique du Nord sans formalités légales et déclarations douanières raisonnables.

Gisements ayant produit moins de 5 millions de carats gemmes

GUINEE

Les premiers diamants guinéens ont été trouvés en 1932 dans la région de Macenta. Les gisements alluvionnaires dérivent directement des dykes kimberlitiques (Crétacé ?).

Les grandes et belles pierres ont été trouvées à Baradou et Banankoro - 1 pierre par carat en moyenne avec un pourcentage élevé de grands octaèdres à faces planes transparentes pesant jusqu'à 30 carats et plus (Bardet). Une grande partie de la production du pays a été exportée illégalement par les ouvriers clandestins (en 1956, 30 000 diamineurs refoulés du Sierra Leone ont envahi véritablement les régions diamantifères de la Guinée). La production actuelle "officielle" est faible, mais il est probable qu'une production clandestine passe encore de nos jours au Libéria. 3 à 4 millions de carats de diamants gemmes ont été extraits à ce jour.

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

La découverte du diamant remonte à 1914. Les gîtes alluvionnaires détritiques sont récents, les kimberlites n'ont pas été encore rencontrées. Principale ressource du pays, le diamant est exploité de manière artisanale par près de 50 000 diamineurs (Bardet). La production cumulée de diamant-gemme est de l'ordre de 4 millions de carats avec parfois de grosses pierres dont une pesait 391 carats. Les régions productrices sont situées aux extrémités ouest (Berberati) et est du pays (Bassin de la Kotto).

COTE D'IVOIRE

Les premiers diamants furent trouvés en 1930 à Tortiya. Les alluvions diamantifères proviennent de gîtes détritiques précambriens altéré et latéritisé, les roches "magasin" seraient très anciennes (2 300 millions d'années) et les kimberlites n'ont pas été retrouvées. A Seguela, les alluvions diamantifères proviennent de kimberlites assez particulières, très profondément transformée et d'âge plus récent que la roche "magasin" de Tortiya. La production cumulée de diamant-gemme extraite par les sociétés minières régulières, et par ... quelques dizaines de milliers de clandestins (surtout entre 1957 et 1962), est comprise entre 2,5 et 3 millions de carats ; les pierres sont assez petites. La contre-bande aurait pratiquement disparue.

VENEZUELA

Depuis 1926 on exploite le diamant alluvionnaire de ce pays, petit mais de belle qualité avec quelques rares pierres de 5 carats et plus, sa production cumulée est comprise entre 1 et 1,5 million de carats gemmes. Le plus gros diamant trouvé au Vénézuela pesait 155 carats (Libertador).

GUYANNE BRITANNIQUE

Les premiers diamants y furent trouvés en 1887. Exploitées en alluvions comme au Vénézuela, les pierres sont également petites et de bonne qualité. La production cumulée est comprise entre 1,5 et 2 millions de carats de gemmes.

CHINE

On sait peu de choses sur les gisements de diamant de ce pays et sur leur production, ils se situeraient dans le Hunan et à Shantung (un peu étudié par des géologues allemands), où les venues diamantifères seraient très anciennes. Les plus grosses pierres pesaient plus de 100 carats mais leur qualité était médiocre, elles proviendraient de grès et de conglomérats permiens. D'anciennes exploitations sont connues à Tchiatsuan, Je-Ho près de Mongyn, et sur les rivières Ino et Suho.

BORNEO

Le diamant y serait exploité de manière artisanale depuis la fin du 17° siècle, les gisements sont situés dans la région de Landak (vieilles exploitations), les kimberlites sont connues dans le Sud Est de l'Ile (Crétacé inférieur), le diamant y est exploité en alluvions. Bornéo renferme par ailleurs une grande quantité de gemmes que l'on retrouve serties sur des objets anciens et le marché des diamants et autres gemmes est aussi florissant que local (Filliozat, communication privée). Les plus gros diamants trouvés pesaient 77 et 167 carats.

AUSTRALIE

Ce pays a produit quelques centaines de milliers de carats de diamant, venant de la région de Copeton, l'origine de leur formation semble assez particulière et prête encore à discussion.

MALAISIE

Quelques beaux diamants ont été récupérés comme sous-produit de l'extraction de la cassitérite alluvionnaire.

GABON

Ce pays n'est pas un producteur régulier de diamant, il faut cependant signaler qu'on a trouvé à Mokongonio près de 40 000 carats de très belles pierres.

ETATS-UNIS

Le pipe kimberlitique de Murfreesboro a été un peu exploité avant-guerre (situé dans l'Arkansas), on a également rencontré quelques diamants dans les dépôts glaciaires du lac Michigan, le nombre de cristaux de diamant serait de l'ordre de 10 000 dont un de 40 carats (Oncle Sam).

II - L'émeraude

Aperçu historique et économique

Des quatre pierres précieuses, l'émeraude est la plus anciennement employée pour la parure. La première mine en exploitation fut celle du Jebel Zabara en Egypte, déjà en activité au début du II° millénaire avant J.C. Il faut bien reconnaître que la qualité des pierres trouvées sur les bijoux antiques n'était pas des meilleures et que, même à l'époque romaine, les émeraudes taillées en forme de cylindres percés pour être portés en collier, ou en forme de cabochon demi cylindrique, étaient souvent très givreuses malgré leur couleur vert vif. Il est vrai que le gisement autrichien du Habachtal était exploité par les Romains au 1° siècle de notre ère et que ses émeraudes ne contribuaient certainement pas à relever la qualité de l'ensemble des pierres alors en circulation. On ne sait pas avec certitude si une petite production ne venait pas du Nord Est de l'Europe (Oural) par l'intermédiaire des Arméniens et peut-être des Scythes, Pline y fait allusion en appelant ces pierres "Smaragdi Scythici". On ne sait pas non plus si les gisements de l'Inde n'en fournissaient pas déjà une certaine quantité ; ce qui est certain, c'est que cette gemme était rare jusqu'à la découverte du nouveau monde. Lors des conquêtes espagnoles, les pillages de trésors chimus, incas et aztèques enrichirent l'Espagne de manière incroyable[1]. En 1533, le roi d'Espagne

---

(1) En quelques décades, le stock d'or fut augmenté de 50 % ; depuis l'Antiquité, la balance commerciale de l'Europe était en déséquilibre, et la masse monétaire d'or et d'argent partait en Chine et en Inde, en contrepartie d'un grand nombre de produits de l'Orient : soie, épices, pierres précieuses, etc. On ne doit donc pas s'étonner de voir une telle quantité d'émeraudes de Colombie dans les trésors orientaux, elles n'ont fait que suivre les voies traditionnelles du commerce internationnal par l'Asie mineure. Une certaine quantité d'émeraudes a pu également traverser le Pacifique surtout au 17° siècle.

reçut quatre coffres pleins d'émeraudes que lui envoyait Pizzaro. Il est utile de rappeler que, par la naïveté des soldats, une grande quantité de pierres fut broyée à coup de marteau (on croyait que les vraies émeraudes repoussaient l'acier et que seules les pierres fausses étaient brisées).

On a décrit sous le nom de "fièvre verte" l'incroyable cupidité, la corruption, les prévarications et les cruautés de toutes sortes qui entourent depuis quatre siècles l'exploitation des émeraudes colombiennes. Les récits anciens font état de sacrifices de pierres aux divinités, on jetait des émeraudes dans les lacs sacrés lors de cérémonies religieuses. A l'arrivée des espagnols, l'émeraude circulait déjà de Colombie au Mexique et au Pérou, et on pense que, pour constituer l'aussi grande quantité de pierres saisies par les espagnols(1), l'extraction avait dû commencer au moins au 10° siècle en Colombie, et que de nombreuses mines n'ont pas été retrouvées par la suite. Grâce aux mines de Coscuez et de Muzo, ce pays est resté depuis la Renaissance le plus grand producteur du monde. Depuis 1957, la Rhodésie du Sud est devenue le second producteur mondial grâce à la mine de Sandawana.

L'ordre de grandeur de la production mondiale cumulée à fin 1970 peut représenter 13 milliards de francs dont 11 milliards pour les seules émeraudes colombiennes. Les autres pays producteurs ont une production cumulée totale de 2 milliards de francs : Rhodésie du Sud, Oural, Brésil, Inde, Transvaal, Egypte (classés par importance de la valeur cumulée probable), on peut encore y ajouter : l'Australie, l'Autriche et les Etats-Unis qui ont eu de petites productions de quelques milliers de francs. Selon nos calculs, la production annuelle mondiale serait de l'ordre

---

(1) Toutes les pierres ne parvenaient pas en Espagne, les naufrages étaient fréquents, et les corsaires anglais et français prélevaient largement leur part sur les riches galions espagnols. C'est de cette manière que le trésor de l'empereur aztèque Montezuma alla à François 1° et non à Charles V d'Espagne.

de 120 millions de francs[1] (quelques uns de nos confrères pensent qu'elle serait même de 150 millions).

Mode de gisement

La gîtologie de l'émeraude est assez particulière et elle diffère de celle des autres béryls par sa complexité. Pour que l'émeraude se forme il faut qu'un certain nombre de conditions physico-chimiques soient réunies ; la naissance de cette rare pierre précieuse ne pouvant résulter que de la rencontre de deux éléments provenant de deux roches de composition différente, et porteuses, l'une de bérylium, l'autre de chrome qui est l'élément principal qui colore l'émeraude en vert vif[2]. Si la formation des importants gisements de la Colombie a donné lieu à cinq ou six interprétations diverses, celles des gîtes de l'Oural, de la Rhodésie, et du Brésil semblent toutes se rapporter au même type de gisement. Vlasov (1936) a précisé le rôle du fluor dans la formation des émeraudes qui se rencontrent dans les zones de contact des filons de pegmatites avec les roches encaissantes basiques et ultra-basiques. La pegmatite se désilicifierait au contact des roches encaissantes et le fluor, se combinant avec la vapeur d'eau, décomposerait ces roches porteuses de chrome. Les zones de contact ainsi formées étaient constituées de mica (biotite, phlogopite), d'actinote et de talc.

Autrement dit : les émeraudes trouvées dans les roches micacées (roches de contact entre l'intrusion pegmatitique et les roches préexistantes) ont été formées par interaction géochimique des filons de pegmatite avec les roches encaissantes basiques ou ultra-basiques.

---

(1) Soit 2,5 % de l'ensemble de la production annuelle de gemmes.

(2) Goldschmidt (1958) indique que le vanadium joue également un rôle important dans la coloration des émeraudes de certains gisements, où il s'additionne au chrome en quantités variables (parfois 0,9 % de vanadium et 0,1 % de chrome, calculé à l'état d'oxydes).

Cette explication, qui peut s'appliquer aux observations faites sur les gisements de l'U.R.S.S., peut être étendue à bien d'autres gisements.

En Rhodésie du Sud, les gisements apparaissent en majorité dans des roches précambriennes du socle cristallin, et sont interprétés comme résultat d'une réaction exomorphique en relation avec la formation de pegmatites. Les émeraudes se rencontrent dans des schistes à trémolite, des schistes à chlorite, ou dans des roches micacées où prédomine la phlogopite ou la biotite.

Le gîte brésilien de Caranaiba (Bahia) est formé par l'intrusion de pegmatite dans des roches basiques. Dans les gisements d'Afrique du Sud, d'Autriche et d'Egypte, l'émeraude est toujours engagée dans des masses de micas noirs.

Les importants gisements de Colombie sont totalement différents. Les phénomènes de contact ne sont pas observés, la mise en place s'est faite à température plus basse. Malgré cela les théories expliquant la formation des émeraudes colombiennes divergeaient sur bien des points, et ne tenaient pas toujours compte de l'absence de réaction exomorphique entre les filons et les roches encaissantes. Les principales théories proposées par Gilles, Hoppenheim, Restrépo, Bürgl, Beus, Gutiérrez allaient de :

- l'action des pegmatites ou des solutions qui en dérivent,
- pegmatites anatectiques ou action pneumatolitique,
- émanations venant d'intrusions ultrabasiques,
- veines de carbonates hydrothermales,
- sécrétions latérales remplissant des fractures grâce à l'action des eaux minéralisantes.

Goldschmidt (1958) est partisan de "veines hydrothermales intrusives" et explique la coloration de l'émeraude par la présence du chrome dans les roches ignées magnésiennes et de celle du vanadium dans les sédiments bitumineux mésozoïques encaissants.

Nous pensons qu'il conviendrait donc de donner une nouvelle interprétation en tenant compte d'une mise en place des filons à plus basse température que celle des pegmatites intrusives, mais cependant supérieure à 300°, comme les mesures thermométriques des inclusions fluides primaires de l'émeraude de ces gisements de Colombie l'indiquent (Touray et Poirot, 1968).

La plupart des mines sont actuellement exploitées en roche à l'aide de procédés manuels d'extraction en raison de la fragilité relative de l'émeraude.

Principaux pays producteurs

COLOMBIE

Les mines colombiennes, dont certaines ont été exploitées depuis mille ans, ont fourni en valeur 85 % environ de la production cumulée mondiale d'émeraude. Parmi les cent cinquante localités ayant produit de l'émeraude, on peut citer : Muzo, Chivor, Buenavista, Gachala, Coscuez, Otanche, Jesus-Maria, Maripi, Pacho-Paime, Yacopi, Vega de San-Juan, Briceno, Raquira, Somondoco-Guateque, Chiquiquira, Suesca-Lenguazate, Macanal-Campohermoso, Ubala, Almeida, Nemocon, Andalucia, Guayatal-Quetame.

Selon un article de T. Feininger (1970), la production officielle actuelle représenterait 10 % de la production totale, de plus, l'auteur insiste particulièrement sur la corruption qui entoure, depuis quatre siècles, l'exploitation des principales mines d'émeraude de Colombie. Bien que cela soit notoirement connu depuis longtemps, il est significatif que, depuis quelques temps, plusieurs revues scientifiques américaines en fassent aussi ouvertement état.

Depuis le 16° siècle, les récits les plus invraisemblables expliquent la disparition de quantités importantes de productions d'émeraude. Tantôt un convoi d'une vingtaine de mulets chargés d'émeraude au départ des mines est attaqué en cours de route et dévalisé par "des bandits", d'autres fois, sur seize mulets, treize ou quatorze tombaient dans "des précipices" avec naturellement leur chargement d'émeraude, et ... les soldats qui les escortaient.

La production annuelle est importante et peut correspondre à 80 ou 85 millions de francs.

Un intéressant rapport du Bureau of Mines des Etats-Unis nous montre qu'en 1931 existait également un très grand décalage entre la production officielle contrôlée par l'Etat Colombien et la production réelle, le rapporteur ne fait aucun commentaire, les faits suffisent :

Production annuelle contrôlée par l'Etat = 250 000 $ en 1925, un témoignage du directeur anglais dirigeant la mine de Muzo, par contrat spécial avec le gouvernement, rapporte qu'en quelques heures une veine riche de quelques mètres cubes a fourni pour 400 000 $ de belles pierres.

Un tableau est également inséré dans ce rapport :

DEUX MOIS DE PRODUCTION DE LA MINE DE MUZO

	CLASSE ET VALEUR AU CARAT	POIDS CARATS	VALEUR $	% EN VALEUR
1	250 $/ct	253	130 750	7,7 %
2	100 $/ct	2 182	218 500	12,8 %
3	50 $/ct	9 548	477 400	28,6 %
4	25 $/ct	12 649	316 200	18,5 %
5	12,5 $/ct	44 116	551 400	32,4 %
	TOTAL	*69 018*	*1 694 250*	*100 %*

Total pour un mois : 34 509 carats valant 847 125 dollars à l'époque de l'exploitation par la compagnie anglaise d'après l'I.C. 6459 de juillet 1931 du department of commerce United States Bureau of Mines.

Il est bien évident que la surveillance des 150 carrières n'est pas possible en pleine jungle, et personne n'a jamais contesté qu'il existait encore, à l'heure actuelle, un immense trafic illégal en Colombie, plus grand producteur d'émeraude depuis mille ans.

La plupart des gîtes importants sont situés dans les formations sédimentaires du Crétacé traversées par des venues post-magmatiques que nous pensons dérivées de roches alcalines (profondes).

A Muzo, l'émeraude se rencontre dans des veines de calcite, les meilleures pierres proviennent de poches à cristaux. Les minéraux associés sont : dolomite, pyrite, parisite (carbonate de terres rares), albite, quartz, apatite, baryte et fluorite. A Chivor, les veines émeraldifères sont minces et surtout constituées d'albite avec quartz et pyrite. Partout l'exploitation a lieu à ciel ouvert en carrières. L'extraction est manuelle ou à l'aide de moyens mécaniques modérés, les explosifs sont rarement employés.

RHODESIE DU SUD

Ce pays est considéré comme le second producteur mondial actuel. Les premières émeraudes ont été trouvées en octobre 1956, les gisements de Sandawana quelques mois plus tard. Les premières années d'exploitation de cette mine ont donné d'excellents résultats, tant sur la qualité que sur la quantité des pierres rencontrées dans les zones superficielles. Le passage de l'extraction en galerie s'est accompagné d'une baisse sensible de la production, qui égalait ou dépassait, il y a quelques années, 20 millions de francs ; actuellement la production annuelle voisinerait les 5 millions de francs (J. Rosenthal, communication privée). Il n'est pas exclu que quelques zones riches soient de nouveau retrouvées au contact des pegmatites et des schistes. L'émeraude est accompagnée, dans ces zones de contact avec les schistes à trémolite et à chlorite de la formation précambrienne de Bulawayo (2 850 millions d'années), par le lépidolite, la pétalite, le spodumène et quelques minéraux de tantale et de niobium.

Les autres mines de ce pays ont des productions moins intéressantes : à Novello Claims, près de Fort Victoria, l'émeraude se rencontre avec le chrysobéryl et plus rarement la phénacite, des minéraux de lithium, de niobium, de tantale dans des lentilles de phlogopite incluses dans une veine de serpentinite entourée de granito-gneiss ; à Filabusi, l'émeraude est dans des zones de micas et de chlorites partiellement transformées, et associées à des veines de quartz avec tourmaline et à des lentilles de pegmatites à grain fin. On a également rencontré l'émeraude dans une roche à biotite à Chikwanda près de Bikita.

BRESIL

Les premières émeraudes brésiliennes n'ont été découvertes que vers 1913. Pendant toute la première partie du 16° siècle, on avait vainement recherché cette gemme au Brésil, alors que les plus riches gisements d'Amérique latine étaient en Colombie. C'est à Bom Jesus dos Meiros, dans l'état de Bahia, qu'on a trouvé la première fois cette gemme au Brésil, pays qui n'a vraisemblablement jamais produit d'émeraude auparavant(1). La plupart des mines intéressantes sont situées dans l'état de Bahia : Brumado, Conquista, Pilão Arcado et Carnaiba, qui fournit de très belles pierres. On connaît quelques gîtes également dans le Minas Gerais et les états de Goias et de Espirito Santo.

Peu de gîtes sont encore en exploitation : à Pilão Arcado, l'émeraude se rencontre dans une gangue micacée analogue à celle de Carnaiba, où les cristaux d'un beau vert sont inclus dans une roche à micas de composition intermédiaire entre la biotite et la phlogopite, qui s'est formée au contact d'une pegmatite constituée d'oligoclases de muscovite avec béryl (décomposé). On observe des veines de quartz divergentes de la pegmatite et contenant : béryl, tourmaline noire et biotite encaissées dans les quartzites et des roches ultra-basiques. Les minéraux

---

(1) Les émeraudes du Brésil dont on parle si souvent dans les ouvrages anciens, sont en réalité des tourmalines vertes, illégalement "rebaptisées" pour des raisons commerciales.

associés à l'émeraude dans la zone micacée de contact sont : molybdénite, apatite, tourmaline noire, mica noir et de la scheelite en minuscule quantité. Les cristaux dépassent assez rarement 3 cm de diamètre, néanmoins le plus grand cristal trouvé à Carnaïba mesurait 13 x 8 cm et pesait 6 225 carats.

La production brésilienne est importante et les seuls chiffres officiels pour l'exportation en donnent déjà une idée :

Pour 1968, il a été exporté légalement du Brésil
1 925 000 carats d'émeraudes brutes déclarées 1 782 000 francs
et 4 963 carats d'émeraudes taillées déclarées 777 000 francs.

Lorsqu'on a l'habitude de lire au travers des déclarations douanières on peut rétablir quelle est la valeur de l'ensemble de la production, en tenant compte, pour ne citer qu'un exemple, que les pierres taillées et montées sur place passent très facilement les frontières, lorsqu'elles sont achetées et exportées individuellement par les particuliers.

U.R.S.S.

Quoique irrégulière actuellement, la production d'émeraude de l'Oural a été importante. Découverts (ou redécouverts) en 1830, les gisements ont fourni quantité de belles pierres. A Takowaja, l'émeraude se trouve associée au chrysobéryl et à la phénacite, dans des roches micacées en rapport avec des talcschistes et chloritoschistes injectés de pegmatites. Les émeraudes de Sibérie furent célèbres au siècle dernier, quelques grands cristaux isolés rencontrés dans la biotite atteignaient 20 x 8 cm. Assez givreux, ils ne peuvent néanmoins donner de grandes pierres taillées analogues à celles de la Colombie.

D'autres gisements beaucoup moins importants sont connus à Tigueretskié Belki, Altaï, puis dans le Turkestan et le Khazastan.

REPUBLIQUE D'AFRIQUE DU SUD

Les premières émeraudes ont été découvertes dans le district de Leydsdrop au Transvaal en 1927. A Somerset, près de Gravelotte, l'émeraude se rencontre dans la zone de contact des intrusions de pegmatites dans les micaschistes. La production atteignait, dans les meilleures années, près de 2 millions de carats, inférieur en qualité aux productions colombienne et rhodésienne. Les cristaux peuvent atteindre 25 x 2 cm, mais sont assez givreux.

EGYPTE

Les mines égyptiennes ont fourni la plus grande partie des émeraudes produites sur le marché depuis le IIº millénaire avant J.C. jusqu'à la découverte du Nouveau Monde. Actuellement arrêtés, les gisements du djebel Zabara et du djebel Sikai, Kosseir, Mer Rouge, employaient dans l'Antiquité des centaines de travailleurs. Loin d'atteindre la grosseur et la couleur des pierres colombiennes, ces mines ont quand même fourni des pierres remarquables. La tradition indique que la grande et belle émeraude de la tiare de Jules II était de provenance égyptienne. Au siècle dernier, une petite production provenait de roches essentiellement constituées de micas noirs.

Pays n'ayant fourni que de petites productions

AUSTRALIE

Les émeraudes australiennes viennent de gîtes pegmatitiques. A Emmaville, la production a débuté en 1891 et atteignait, certaines années d'avant guerre, 25 000 carats par an. Un autre gîte en exploitation était celui de Poonah dans l'Ouest australien.

PAKISTAN

Une petite production de bonne qualité, venant de la mine de Swat a été exportée vers Hong-Kong principalement pendant les années 1960-68.

ETATS-UNIS

Une petite production de quelques milliers de carats provient de gîtes en relation avec des pegmatites : Hiddenite, Alexander county, Shelby, Cleveland county, et Big Crabtree Mountain, Mitchell county, tous dans l'état de Caroline du Nord.

AUTRICHE

Exploité depuis le début de notre ère, le gîte du Habachtal, près de Salsbourg, n'a fourni que des pierres de qualité médiocre. L'émeraude se rencontre, comme dans beaucoup d'autres gisements, dans une roche formée presque essentiellement de mica noir.

NORVEGE

Quelques pierres pouvant être taillées en cabochon proviennent de Eidsvoll près de Mjosa.

Toutes les autres localités citées dans la littérature n'ont qu'un intérêt pour les minéralogistes collectionneurs et n'ont pas fourni de pierres taillables en quantité justifiant une exploitation.

III - Le rubis

Aperçu historique et économique

Infiniment plus rares que les diamants, émeraudes et saphirs, les beaux rubis sont les pierres précieuses les plus recherchées par les amateurs. Les pierres pures et de bonne couleur atteignant 10 carats (2 grammes) ont des valeurs telles, qu'elles ne peuvent se comparer qu'à certains objets d'art, peintures et sculpture de grands maîtres par exemple. Il s'agit bien d'oeuvres d'art : en plus de la somptuosité de la couleur et de l'extrême rareté de la matière, pour qu'un rubis soit beau, il faut qu'il ait une taille à facette bien orientée par rapport à l'axe optique du cristal et que le choix des proportions de sa forme de taille permette au volume de matière de transcender la couleur grâce à l'infinité de phénomènes visibles qui constituent leur merveilleux aspect. Tout l'art du lapidaire consiste donc à prévoir quel sera l'aspect de la gemme une fois taillée en tenant compte de ses défauts de cristallisation, du polychroïsme et de la répartition parfois irrégulière des zones colorées[1]. Car il ne pourra pas revenir, après coup, à d'autres formes de taille, en raison de la grande valeur d'une matière qu'il ne peut gâcher.

Connu au début du 1° Millénaire avant J.C., le rubis est demeuré rarissime pendant toute l'Antiquité. Son nom provient du mot romain Rubeus (= rouge) qui s'appliquait à cette époque également à d'autres pierres rouges.

C'est vers le 6° siècle qu'il est fait, pour la première fois, mention par écrit de mines de rubis en exploitation à Mogok (Birmanie), mais il est fort probable que les orientaux exploitaient ces gisements depuis une époque plus reculée. Il semble que les rares rubis connus

---

(1) C'est également le cas pour bien d'autres gemmes transparentes.

dans le monde romain provenaient de Ceylan où on les recontrait, ainsi que le saphir, avec quantité d'autres gemmes dans des gisements alluvionnaires, très vraisemblablement exploités depuis le début du 1° Millénaire avant J.C.

Rare à toutes les périodes de l'histoire, coté plus haut que l'émeraude et le diamant sur les marchés de l'Islam au 13° siècle et pendant la Renaissance en Europe, le rubis est demeuré la pierre précieuse de l'Orient jusqu'à la mise en explotation des mines de Tanzanie vers 1924. Pays qui assure une grande partie de la production actuelle du fait des récentes nationalisations qui ralentissent considérablement la production birmane.

De nos jours, les beaux rubis sont demeurés très rares et gardent leur première place parmis les pierres précieuses en ce qui concerne le prix des très belles pierres.

L'ordre de grandeur de la production cumulée mondiale à fin 1970 peut représenter 6 à 7 milliards de francs, dont 5 à 6 proviendraient des gisements de Birmanie (Mogok) où se rencontrent les rubis les plus beaux.

Les autres pays producteurs ont ensemble une production cumulée probable de 1 milliard de francs : Cambodge (Païlin), Thaïlande, Ceylan et Tanzanie devenue depuis peu un très important producteur de rubis. Les rubis trouvés à Mysore (Inde) ne sont pas d'un grand intérêt économique. La production mondiale annuelle voisine 50 millions de francs (1 % de l'ensemble des productions de gemmes).

Le mode de gisement du rubis sera traité avec celui du saphir.

IV - Le saphir

Aperçu historique et économique

Connu des Grecs et des Etrusques, le saphir était plus rare que l'émeraude à l'époque de l'Empire romain. Il provenait de Ceylan où, comme le rubis, on devait l'exploiter depuis le début du 1° Millénaire avant J.C.

Le saphir fut la pierre précieuse la plus répandue en Europe pendant le Moyen-Age et il orne, accompagné par le spinelle rose-rouge, un grand nombre de joyaux et d'objets d'église fabriqués à cette époque. De grandes et belles pierres furent ramenées en quantité du Proche-Orient et de Byzance par les croisés à la suite de leurs pillages. Il existait néanmoins en France, une petite production de saphir provenant de gîtes alluvionnaires de la Haute-Loire, signalée dès le 13° siècle par Albert le Grand.

En orient, par contre, cette belle gemme ne bénéficiait pas de la même faveur que le rubis et l'émeraude, peut être pour des raisons uniquement décoratives ; la couleur rouge vif du rubis se mariant mieux avec le bleu-vert de la turquoise ou le vert vif de l'émeraude qu'avec le bleu du saphir. Les beaux joyaux que l'on peut voir dans les musées sembleraient le confirmer, surtout pour la joaillerie mogole.

Les gisements de saphir sont plus nombreux que les gisements de rubis, et ces deux gemmes ne sont pas obligatoirement associées malgré leur appartenance à la même espèce minérale (corindon), les saphirs jaunes, mauves, roses, ou verts accompagnent assez souvent le saphir bleu (Ceylan, Thaïlande, Tanzanie, etc) mais n'ont pas sa valeur. La quantité de saphir produit dans le monde est de quinze à ving fois plus importante en poids que celle de rubis gemme, ce qui explique, qu'en valeur de production, le saphir dépasse le rubis dont la matière brute est en moyenne dix fois plus chère au sortir de la mine.

La valeur de la production cumulée mondiale de saphir-gemme serait de 10 milliards de francs, dont 6 à 7 milliards proviendraient de Ceylan, on peut évaluer les autres productions cumulées pour : le Sud Est asiatique (Thaïlande et Cambodge) 2 à 2,5 milliards de francs, le Cachemire à 500 millions, la Birmanie à 500 millions également, l'Australie à 60 millions, et les Etats-Unis (Montana) à 25 millions.

Quelques gisements situés en Tanzanie sont exploités depuis ces dernières années et fournissent une production assez intéressante. Les gisements français (Haute-Loire) et russes (Kyshtin) n'ont pas été de grande importance économique.

La production annuelle mondiale de saphir serait un peu supérieure à 100 millions de francs (soit 2 % de l'ensemble des productions de gemmes).

Mode de gisement des corindons - Rubis et saphirs

Les corindons ont une gîtologie variée et leur mode de formation a motivé un grand nombre d'études. Les variétés gemmes se rencontrent en place : dans les calcaires cristallins, les microgranites, les pegmatites de syénites néphéliniques, les basaltes, les amphibolites à anorthite et zoïsite chromifère. Mais la plus grande partie de la production cumulée de rubis et de saphir provient d'éluvions et d'alluvions dérivant de gîtes pyrométasomatiques, résultant d'une réaction entre des magmas intrusif riches en alumine et des roches basiques profondes (gneiss basiques, serpentinites etc) ou des calcaires cristallins, au contact desquels ils se sont désilicifiés.

Dans bien des cas, on ne connaît pas la roche primaire dans laquelle se sont formées les gemmes (gisements du Sud Est asiatique, de l'Australie, etc) et nous pensons que l'étude des inclusions que nous avons systématiquement entreprise devrait apporter d'utiles renseignements sur le mode de formation et la roche "mère" de ces rubis et saphirs qui proviennent d'alluvions et d'éluvions dérivant de roches volcaniques (basaltes, limburgites) qui visiblement ne leur ont pas donné naissance et n'ont servi qu'à leur transport vers la surface.

Si l'on sait que les corindons sont des constituants normaux des pegmatites de syénites néphéliniques de la famille des miaskites, un grand nombre d'observations nous montrent que le mode de formation de la plus grande partie des cristaux gemmes résulte d'une action pyrométasomatique entre un calcaire et un magma alcalin (le plus souvent pauvre en silice et riche an alumine). En simplifiant à l'extrême on peut dire que le calcaire est un désilicifiant qui permet l'élimination de la silice en favorisant la formation de silicates de calcium, aux dépens de la formation des silicates d'aluminium, d'où un excédent d'alumine qui cristallise en corindon.

Mais nous verrons plus loin que le corindon gemme peut, parfois, aussi se rencontrer dans des roches typiquement produites par un métamorphisme régional, agissant sur des sédiments riches en alumine. Ce type de gîte n'a aucun lien direct avec les roches ignées.

L'étude des rubis et des saphirs provenant d'une même région, nous a montré que leurs inclusions sont totalement différentes, mais que les inclusions d'un saphir de Ceylan pouvaient être de même nature que celle d'un saphir de Mogok qui peut lui-même contenir des espèces minérales se rencontrant dans les saphirs australiens et du Sud Est asiatique, alors que les rubis de cette dernière région ne nous ont jamais montré, par exemple, de minéraux de niobium, uranium, thorium, ou terres rares que nous avons déterminés dans les saphirs (malgré l'examen de centaines et parfois de milliers d'échantillons provenant de mêmes gisements). Cette observation nous conduit à penser que rubis et saphir provenant d'un même gîte ont pu se former dans des conditions chimiques différentes. Ce qui semble se confirmer dans le très important gîte de Mogok (Birmanie).

A Mogok, le rubis se rencontre dans des bandes de calcaires cristallins inclus dans des complexes de gneiss archéens pénétrés par des veines intrusives de granites. Le rubis est en place dans la calcite, et le saphir dans les roches pertitiques des veines intrusives (microgranites). Les gemmes sont accompagnées dans les alluvions par des minéraux de contact caractéristiques : diopside, forstérite, chondrodite, phlogopite et spinelle.

Les zones de calcaires inclus dans les complexes de gneiss d'âge archéen de Ceylan et de Haute-Birmanie sont assez semblable. Le corindon-gemme a été rencontré également en place à Ceylan. Le saphir (tout à fait analogue à celui rencontré dans les alluvions) s'est formé grâce à une désilicification d'une intrusion syénitique recoupant un calcaire cristallin avec localement formation de roches à scapolite et diopside. Le corindon et le plagioclase se sont développés près du contact de la syénite. Les calcaires sont séparés des syénites par une zone continue de phlogopite. La formation des corindons du Montana (Etats-Unis) est également due à une intrusion de roches ignées, dyke de shonkinite (proche des syénites néphéliniques) recoupant un calcaire.

A Umba (Tanzanie) les rubis et saphirs se sont aussi formés lors de réactions d'exocontact. Dans cette localité, les pegmatites sont plumasitiques et semblent provenir de roches anorthosiques (avec labradorite et bytownite) par désilicification et décalcification avec enrichissement en alumine qui cristallise en corindon. Ces pegmatites sont situées à l'intérieur de serpentinites. On trouve au contact, des zones de vermiculite, de chlorite, et, contre les serpentinites encaissantes, des zones d'actinolites. Dans ce même pays, à Longido, le rubis s'est formé lors d'un métamorphisme régional. On le rencontre en gros cristaux fissurés dans une amphibolite à anorthite et zoïsite chromifère verte située dans un complexe métamorphique précambrien au sein d'une amphibolite à gros grenats.

Depuis un siècle, on sait que les corindons gemmes inclus dans les roches volcaniques (basaltes, limburgites) n'ont été que transportés par celles-ci et provenaient de zones plus profondes. L'étude des inclusions solides des gemmes des gisements australiens et du Sud Est asiatique : thorite, britholite, uranopyrochlore, niobite, zircon, spinelle, plagiocalse ..., montre que la formation de ces saphirs semblerait plutôt liée à des roches alcalines. Nous n'avons pas encore observé dans ces saphirs d'inclusions de phlogopite rencontrées par ailleurs dans les saphirs de Ceylan et de Mogok et qui sont typiques du métamorphisme de contact.

BIRMANIE

Surnommée "la Vallée des rubis", la région de Mogok à produit en valeur depuis quatorze ou quinze siècles les 5/6 de la production cumulée mondiale de rubis. C'est de Mogok que proviennent les fameux rubis "sang-de-pigeon" qui sont les pierres précieuses les plus recherchées. Autrefois, les rois de Birmanie obligeaient les exploitants à leur livrer les plus grandes pierres, il en résultait que tout gros rubis était immédiatement cassé par les mineurs qui avaient le droit de garder pour eux, en guise de salaire, les pierres les plus petites. Naanmoins, il y eut des périodes où la production fut riche, comme au début du 17° siècle où on trouva toute une série de grandes pierres.

Le saphir, parfois très beau, est également présent à Mogok où on trouve aussi des spinelles rouges, bleus, violets, des péridots de valeur, des aigue-marines, tourmalines roses, topazes, ainsi que plusieurs autres gemmes de moindre importance telles que : zircon, scapolite incolore à rose, apatite incolore à jaune-vert, danburite jaune, diopside vert-jaune, cordiérite, etc. A la fin du siècle dernier, apparurent sur le marché d'énormes rubis bruts (400, 304 carats, etc) qui, taillés, donnèrent des pierres de : 99, 75, 70, 45, 39 et 33 carats. Deux autres pierres de 42 et 27 carats furent trouvées en 1919, une autre de 96 carats en 1929 et un gros cristal de 10 cm dans les années 50 qui donna 10 pierres pures de 6 à 10 carats chacune. Les gros saphirs sont moins rares, l'un des plus beaux, trouvé en 1929, pesait brut 958 carats et fut divisé en 9 splendides pierres. Le plus grand cristal de saphir étoilé (probablement extrêmement givreux), trouvé à Mogok en 1966, pesait 63 000 carats (plus de 12 kg).

Avant les nationalisations, l'exploitation des gemmes de Mogok groupait près de deux mille petites concessions artisanales, dont une dizaine seulement employaient des équipements modernes (pompes, etc). Le rubis est rarement exploité en place, il est extrait des éluvions et alluvions par simple lavage. Sa roche-mère est un calcaire cristallin

où il a cristallisé en englobant très souvent de petits cristaux de calcite, il s'est formé par pyrométasomatose lors d'intrusions magmatiques dans les zones de contact. Lorsque des veines de granite ont pénétré les bandes de calcaires cristallins inclus dans des complexes de gneiss archéens. Les saphirs contenant des inclusions de calcite sont très rares, il semble que ces variétés bleues de corindons se soient surtout formées dans des zones plus immédiatement en contact des intrusions ignées et même à l'intérieur d'une roche granulaire microperthitique (Adam, 1926). Une syénite à corindon s'observe, dans la région de Mogok, à Chaunggui.

Les chiffres donnés pour les productions sont assez variables :

CHIFFRES OFFICIELS	1915	1916	1917	1964
rubis (carats)	167 900	136 780	132 400	13 000
saphirs	39 000	34 000	32 000	158 000
spinelles	43 800	38 840	33 420	40 000

Autres estimations

Jahns (1960) estimait que depuis 1935 (à 1960) la Birmanie produisait annuellement 100 000 carats de rubis, saphirs et spinelles, tandis que De Golish (1956), qui a sur place exploité une concession de rubis, estimait que la production annuelle de rubis birmans étaint de 100 kg, soit 500 000 carats dont 400 000 carats en pierres de près de 1 carat et 100 000 carats en rubis de plus de 1 carat (principalement de 1 à 3 carats).

CEYLAN

Cette île est le paradis des gemmes. Connus depuis 27 ou 28 siècles, les gisements de Ceylan ont produit à peu près les 2/3 de la production cumulée mondiale de saphir ainsi qu'une production non négligeable de rubis et de corindons d'autres couleurs (saphirs jaunes, mauves, verts, roses), rencontrés dans les alluvions avec quantité d'autres gemmes telles que : alexandrite, almandin, andalousite, béryl, chrysobéryl jaune, cordiérite, diopside, kornerupine, pierre-de-lune, oeil-de-chat, quartz et ses variétés, sillimanite, sinhalite, spessartine, spinelle, titanite, topaze, tourmaline, zircon, etc.

L'exploitation artisanale est très rudimentaire. L'extraction des gemmes, par simple lavage des alluvions s'effectue encore dans la région de Ratnapura selon des traditions vieilles de 25 siècles.

Nos calculs sur la production cumulée de gemmes de Ceylan nous conduisent à un ordre de grandeur se situant entre 7 et 8 milliards de francs (dont 85 à 90 % pour le saphir). Les chiffres indiqués pour la production annuelle officielle (autour de 3 millions de francs) ne représentent que 10 % de la production annuelle réelle, Ceylan étant l'un des pays producteurs où les circuits "officieux" d'exportation de gemmes sont les mieux organisés.

Les saphirs de 100 carats ne sont pas exceptionnels, le plus grand cristal brut trouvé à Ceylan pesait près de 100 000 carats (20 kg), leur mode de formation serait proche de ceux de Mogok.

SUD EST ASIATIQUE

On pense que le saphir était connu en Thaïlande et exploité par les birmans dès la fin du 16° siècle, les gisements du Cambodge (Pailin) découverts en 1875 furent également exploités par eux. Les premières années d'exploitation des champs alluvionnaires de Pailin ont donné des productions mensuelles de 30 000 carats de saphir. Le rubis, d'un beau

rouge sombre, et le zircon sont également présents dans le gisement. Les principales exploitations de la Thaïlande sont alluvionnaires et sont situées près des villes de Bo-Ploi et de Chanthaburi. Dans cettte dernière région, le rubis prédomine dans la production des mines de Ba-Na-Wong, Ba-Rai et Tak-Waeng. A Tok Phrom, les gemmes les plus abondantes sont les saphirs bleu foncé, puis les zircons et les saphirs jaunes ; à Khao-Phloi-Waen dont le nom signifie "montagne de saphir", le spinelle noir abonde ainsi que les saphirs bleu foncé (quelquefois étoilés) et de très beaux saphirs jaunes. Le gîte de Bangkacha est le plus connu de tous avec ses gros cristaux de saphirs de 1 000 à 2 500 carats, ses saphirs vert foncé, et ses splendides saphirs jaunes qui sont les plus beaux du monde, et qui proviennent d'une couche d'alluvions gemmifères de trois mètres d'épaisseur.

Toutes ces gemmes rencontrées dans les alluvions ont été libérées par l'altération des roches volcaniques basaltiques qui les ont transportées vers la surface. A Pailin, les gemmes proviennent d'épanchements volcaniques de limburgites d'âge quarternaire ; les gîtes situés en Thaïlande de l'autre côté de la frontière sont du même type. A Bo-Ploi, les saphirs et autres gemmes proviennent de théralites. Les inclusions des saphirs de ces régions sembleraient indiquer que leur formation aurait été liée à des roches alcalines (pegmatites de syénites néphéliniques ...).

L'ordre de grandeur de la production cumulée de cet ensemble de gîtes est compris entre 2,5 et 3 milliards de francs dont 2,2 milliards pour le saphir, 550 millions pour le rubis et environ une dizaine de millions pour le zircon. La production annuelle de rubis et de saphir serait de l'ordre de 30 millions de francs.

TANZANIE

Les premiers rubis y ont été trouvés au début du siècle. La région de Longido groupe plusieurs mines très connues pour l'association minérale : rubis rouge et amphibolite verte à zoisite chromifère qu'on y exploite et qui est très appréciée en Europe comme roche décorative.

Les gros cristaux de rubis, bien que très fissurés par la présence de multiples cassures parallèles aux plans de macles mécaniques, permettent, néanmoins la taille de jolies pierres de 1 à 2 carats.

Découverts en 1960, les gîtes de rubis et de saphir de la rivière Umba sont exploités en éluvions. Leur mode de formation est tout à fait différent de celui des rubis de Longido (voir p. 109). La couleur des rubis rouge-magenta serait due au chrome et au vanadium, et celle des saphirs au cobalt (Bowden, in Solesbury, 1967).

La production suit actuellement une courbe ascendante. Les exportations pour l'ensemble des mines en 1968 ont été assez importantes du fait du ralentissement de la production birmane.

EXPORTATIONS DE RUBIS ET DE SAPHIRS DE TANZANIE
(d'après Lapidray journal, juin 1970)

Rubis	=	446 950 carats
Saphirs	=	1 098 000 carats
Roche ornementale à rubis opaque dans amphibolite verte à zoisite	=	30 tonnes.

CACHEMIRE

Les gisements de saphirs du Cachemire ont été découverts en 1881 après une avalanche. Ils sont situés près de Soomjam dans le district de Zanskar et ont fourni d'admirables pierres bleu lumineux très recherchées des amateurs. Le saphir se rencontre avec la tourmaline, le grenat, l'euclase et la cyanite dans des pegmatites kaolinisées. Le gîte s'est formé par désilicification d'intrusions pegmatitiques dans les calcaires cristallins, avec au contact des lentilles d'actinolite-trémolite.

La production, bien qu'irrégulière en raison de l'altitude, a été très élevée certaines années (800 000 carats en 1938).

AUSTRALIE

Connus depuis le milieu du siècle dernier, les saphirs alluvionnaires de l'Est australien (Inverel, Anakie) dérivent de l'altération de basaltes et sont associés au zircon. L'étude des inclusions de nombreux saphirs montrent que leur origine est à peu près identique à celle des saphirs du Sud Est asiatique. La valeur de la production cumulée est de l'ordre de 60 millions de francs, si la production était assez faible par le passé, elle est actuellement en nette augmentation grâce à de gros investissements financiers en matériel d'extractions. La production annuelle est passée de 2,8 millions de francs en 1967 à 15,8 millions en 1969.

ETATS-UNIS

Découvert en 1865, le gîte alluvionnaire de Yogo Gulch au Montana a produit entre 20 et 25 millions de francs de saphirs bruts qui, taillés, représentaient 110 à 150 millions de francs (Clabaugh, 1952). Le gîte s'est formé dans les calcaires cristallins d'âge mississipien par l'intrusion d'un dyke de Shonkinite. Le tableau des productions de 1924 à 1927 (Aitkens, 1931) donne de très intéressantes indications sur le prix moyen des saphirs bruts.

	POIDS (carats)	VALEUR (dollars)	PRIX AU CARAT (recalculé en F)
1924	46 950	20 263	2,36
1925	54 495	29 138	2,91
1926	42 469	19 000	2,47
1927	6 451	4 638	2,96

Les saphirs de Montana ayant la réputation d'être très moyens de qualité, on a là une très utile base pour estimer la valeur moyenne réelle des production de saphir des autres pays lorsque les valeurs indiquées semblent très faibles.

V - Les principaux gisements de pierres fines et décoratives

Les quatre pierres précieuses : diamant, émeraude, rubis et saphir constituent 98 % de la valeur de la production mondiale cumulée de gemmes. Toutes les autres gemmes extraites à ce jour (pierres fines et décoratives) ne représenteraient donc que 2 % du total de cette production mondiale cumulée (soit environ 6 300 millions de francs sur 310 milliards). D'après nos calculs, le Brésil aurait fourni 2,5 milliards de francs de pierres fines et décoratives (40 % de leur production mondiale cumulée). La figure montre la grandeur relative des productions cumulées (diamant exclus), nous voyons qu'après les trois pierres précieuses de couleur viennent : le quartz et ses variétés, l'ambre, le jade, l'opale et le béryl (émeraude exclue naturellement).

La conjoncture actuelle fait que les productions annuelles de pierres fines et décoratives s'accroissent au point de représenter 3,83 % de la valeur de l'ensemble des productions annuelles de gemmes (grâce à l'augmentation de la production d'opale australienne) et que la production annuelle des trois pierres précieuses de couleur semble reculer : 5,44 % de la valeur de l'ensemble. En fait, elle est stationnaire, le déclin des productions birmanes étant compensé par l'augmentation des productions de la Tanzanie. Le recul apparent n'est dû qu'à la demande sans cesse plus forte qui fait que les pierres fines et décoratives sont beaucoup mieux exploitées qu'auparavent, leurs gisements étant en général plus nombreux et plus variés que ceux des rubis par exemple, qui demeurent véritablement très rares. Un grand nombre de pierres fines proviennent de gisements pegmatitiques.

Les pegmatites sont des roches dont les grains, c'est-à-dire les cristaux qui les constituent, sont beaucoup plus gros que ceux des roches éruptives correspondantes. Elles se consolident plus tardivement que la roche éruptive "mère", elles cristallisent : soit dans la roche-mère,

soit à la périphérie de cette roche éruptive, soit à sa bordure, soit en filons injectés à distance dans les terrains encaissants[1]. C'est dans les pegmatites granitiques que l'on rencontre le plus grand nombre de gemmes car elles sont riches en éléments tels que : lithium, bérylium, bore, fluor, etc et du fait qu'elles se soient consolidées en profondeur, très lentement, les minéraux ont pu croître en cristaux qui peuvent parfois mesurer plusieurs mètres.

Les gemmes des pegmatites sont : l'amazonite, le béryl, le chrysobéryl, l'euclase, la phénacite, la spessartine, le spodumène, la topaze, la tourmaline, etc.

L'ordre de grandeur de la production cumulée des gemmes de pegmatites est assez difficile à établir, nous pensons qu'il est compris entre 1,8 et 2,5 milliards de francs. La valeur des productions annuelles doit être comprise entre 50 et 60 millions de francs.

BRESIL

Les minéraux gemmes de pegmatites abondent au Brésil. Les phénomènes latéritiques étant intenses, les gemmes se rencontrent soit dans les alluvions, soit dans les éluvions (quelquefois dans un conglomérat ferrugineux d'origine latéritique), soit en place dans la pegmatite. Les champs pegmatitiques sont situés surtout à l'Est et au Nord Est du pays. Les pegmatites sont d'âge Précambrien et presque toujours encaissées dans des micaschistes près de pointements gneissiques ou granitiques.

L'aigue-marine est la pierre de couleur la plus recherchée au Brésil. *La morganite* et *l'héliodore* (béryls roses et jaunes) l'accompagnent souvent dans ses gisements. Une partie importante de leur production provient des éluvions et alluvions qui dérivent des pegmatites. Dans la roche, les béryls se rencontrent toujours au voisinage du coeur de quartz[2] ou inclus dans les zones feldspathiques qui l'entourent

---

(1) Et qui peuvent donner des gîtes gemmifères dans les zones de contact avec les roches encaissantes.

(2) Parfois rose et alors activement exploité pour l'ornementation.

(Cassedanne, 1971). Les pegmatites productrices de béryl-gemme sont en général pauvres en tourmalines. Les veines où le feldspath est décomposé (kaolinisé) sont les plus recherchées en raison de l'extraction facile des cristaux gemmes. Car en roche dure, l'emploi de la dynamite fendille les cristaux.

La plus importante production brésilienne provient du Minas-Gerais où dans le bassin du Rio Doce plusieurs centaines de pegmatites ont été exploitées (Araçuai, Capelinha, Conceição do Sêrro, Governador Valadares, Itambacuri, Pedra Azul, Sabinopolis, Santa Maria do Suaçui, Teofilo Otoni, etc) à Sapucaia, l'héliodore et la morganite accompagnent du très beau *quartz rose* cristallisé très recherché des collectionneurs.

Dans l'état de Espirito Santo, on peut citer : Itaguaçu, Rio Nôvo et Pau Gigante.

De magnifiques cristaux jaunes d'or ont été rencontrés à Bom Jesus do Lufa.

Egalement très recherchées, les *tourmalines* (en qualité gemme) proviennent surtout des pegmatites acides. Dans la roche, les gemmes se rencontrent le plus souvent dans les zones riches en feldspath où existent des géodes. On a observé (J. Cassedanne) que les pegmatites à tourmaline du Brésil sont du type zoné avec des bandes grossièrement parallèles et prédominance de certains minéraux : lépidolite, quartz, feldspath, puis : béryl, tourmaline et topaze, spodumène, apatite, amblygonite, etc.

Les plus belles pierres (rubellite, indicolite et tourmalines jaunes et vertes) proviennent de l'Etat de Minas Gerais : Salinas, Araçuai, Itinga, Rio Piaui (verte limpide avec terminaison bleu foncé), Rio Mucuri (rose et vert, bicolore), Lavra do Cruzeiro (grands cristaux bleus), Santa-Rosa près de Itanbacuri (très beaux cristaux roses, verts et bicolores). Toutes ces régions sont situées autour de Teofilo-Otoni et Governador Valadares.

Quelques autres états du Brésil possèdent de petits gîtes de tourmalines : Bahia, Espirito-Santo, Goias. Dans les alluvions et éluvions, les tourmalines sont souvent associées au béryl et à la topaze.

Le Brésil est également le plus grand producteur de *topaze*, les plus recherchées, d'une belle couleur orange vif proviennent de Ouro-Preto où elles sont associées à l'*euclase*. Les grands cristaux bleus se rencontrent dans les gîtes gemmifères du Minas-Gerais : Araçuai, Salinas, Marambaia (les plus foncés) et à Sêrro (cristaux incolores, vert pâle, bleu pâle). La topaze est fréquente en alluvions dans d'autres états (Bahia, Goias, Mato Grosso, etc).

Le *spodumène* en beaux cristaux roses (kunzite) provient également du Minas Gerais de même que l'*amazonite* que l'on rencontre surtout à Santanas dos Ferros, São Domingos da Prata et Conceiçâo do Sêrro. A São Miguel de Piracicaba, l'amazonite est associée à la *phénacite*.

Le *chrysobéryl* provient surtout des pegmatites de la vallée du Rio Doce (belles pierres jaune à jaune-vert) et plus rarement d'autres régions du Minas-Gerais et de Espirito-Santo dont la variété *oeil-de-chat*.

La *spessartine* se rencontre dans les pegmatites de : Araçuai, de la vallée du Rio Doce, dans l'état du Paraiba : de Pedra Branca, et dans l'état de Ceara : de Quixada.

ETATS-UNIS

La principale région productrice est la Californie. Les pegmatites de San-Diego ont donné plus de 5 millions de francs de tourmalines. A Pala, les géodes s'ouvrent dans la lépidolite, on y a rencontré de fort beaux cristaux de rubellite associés à la morganite, kunzite, topaze, microcline, cleavelandite et spessartine. La production actuelle est assez faible. On peut encore signaler de petites productions de gemmes de pegmatites dans l'état du Maine et au Connecticut à la fin du siècle dernier et au début de ce siècle. Les pegmatites de Pikes Peak dans le Colorado sont célèbres pour leur relative abondance de géodes d'amazonite encore exploitées actuellement comme spécimens de minéralogie.

U.R.S.S.

Les pegmatites du district de Miask dans l'Oural ont donné une intéressante production de gemmes. Les filons, dont l'épaisseur variait de quelques centimètres à plusieurs mètres étaient riches en géodes tapissées de cristaux : albite, microcline (amazonite), mica, tourmaline noire, topaze, aigue-marine et phénacite (cette dernière étant rare). A Murzinska, le granite gneissique est traversé par des filons de pegmatite à grandes lames de muscovite et renferme des géodes tapissées de cristaux de quartz enfumé, amazonite, albite, spessartine, béryl vert d'herbe et très belles topazes bleues dont les cristaux peuvent atteindre plusieurs dizaines de kilogrammes (certains béryls dépassent un mètre de long). En Sibérie, dans la région de Nertchinsk, les pegmatites sont incluses dans les granites, elles contiennent des géodes de topaze et béryl. Le gisement d'Adun-Tchilon est constitué par des filons et des druses se rencontrant dans un granite très altéré, ils sont uniquement composés de quartz et de topaze. De longs cristaux de béryls bleus, vert pâle ou jaunes sont associés à la topaze et au quartz enfumé dans de vastes cavités incrustées par de la limonite.

Les plus belles *tourmalines* (rubellites) se rencontraient à Chaïtanka, près de Murzinska.

Les gisements gemmifères les plus intéressants sont actuellement classés comme "parcs minéralogiques nationaux".

MADAGASCAR

A Madagascar, les pegmatites ne se rencontrent en général pas dans le granite mais dans les schistes métamorphiques et les gneiss. L'île a fourni une belle quantité de gemmes de très grande qualité provenant surtout de la région d'Antsirabé, les meilleures *tourmalines* et *morganites* (béryl rose) venaient de Sahatany. De grands cristaux d'amazonite proviennent de Mahabe, Ambohibélona et Ambatofinandrahana, et les belles spessartines de Mahazoma. Au début du siècle, il était courant de commercialiser en Europe les plus belles pierres malgaches en laissant croire qu'elles provenaient du Brésil. Actuellement,

la production de la grande île est faible.

MOZAMBIQUE

Les pegmatites de Alto-Ligonha produisent de splendides cristaux de gemmes : tourmaline rose, morganite, topaze, béryl de diverses couleurs. Muiâne est connu pour ses belles aigue-marines (associées à l'euclase, la tourmaline et divers minéraux rares).

De belles morganites proviennent de la mine de Marropino et de grands cristaux de tourmaline de la mine de Tulua à Nacala-Velha. L'amazonite en beaux cristaux provient de Monapo. Autrefois, les meilleures aigue-marines provenaient de la mine de Igaro.

Les corps de pegmatites sont en général très altérés (feldspath kaolinisé) et peuvent mesurer 1 000 m de long sur 600 de large. Les cristaux sont parfois énormes : béryl de 50 t à Munhamola, topaze de 2 à 4 t à Naipa et Nua, et spodumène de 1 m de long à Morrua. Mais les cristaux de tourmaline et de béryl de qualité gemme dépassent rarement 30 à 40 cm de long.

RHODESIE

Quelques pegmatites fournissent des gemmes de grande qualité. De Sainte-Anne Mine proviennent des topazes bleu soutenu, très appréciées. Les gisements sont situés autour de Miami et donnent de bonnes productions de béryl et tourmaline.

En 1963 quelques chiffres de production ont été publiés :

chrysobéryl	13 kg
aigue-marine	110 kg
topaze	80 kg
tourmaline	60 kg.

SUD OUEST AFRICAIN

Ce pays produit de beaux cristaux gemmes : béryl (aigue-marine et héliodore), microcline, quartz, phénacite et topaze. La production de tourmaline a été de 65 kg en 1963 et celle d'amazonite de 16 t.

TANZANIE

La découverte des gisements de gemmes de pegmatites de ce pays est assez récente. Outre le saphir et le rubis, les productions (gemmes de pegmatites et autres) ont été les suivantes en 1968 :

aigue-marine	9,5 kg
tourmaline	136 kg
grenat	156 kg
améthyste	67 kg
zoïsite bleue	21 kg
zircon	38,5 kg
quartz améthystin (massif)	300 tonnes.

Le quartz et ses variétés

Le quartz et ses variétés sont utilisés par l'homme depuis la préhistoire. On peut estimer leur production cumulée à 1 milliard de francs et leur production annuelle actuelle entre 30 et 35 millions de francs.

Les variétés utilisées comme gemmes et pierres décoratives proviennent de plusieurs types de gisements :

- des pegmatites : quartz rose, hyalin, avec inclusions de tourmaline, etc,

- des géodes et ségrégations dans les laves : améthyste, prase, agate, calcédoine,

- des veines, filons, et lentilles d'origine hydrothermale ou formés par sécrétions latérales des roches encaissantes (stockwerk, quartzites métamorphiques) : quartz hyalin, enfumé, citrine,

- de transformations siliceuses secondaires : calcédoine, jaspe et bois silicifié d'origine sédimentaire,

- éluvions et alluvions qui dérivent de ces différents types.

BRESIL

Ce pays est le plus grand producteur mondial de quartz et variétés gemmes et possède plusieurs centaines de gisements. Les pegmatites fournissant du quartz hyalin et rose sont nombreuses et quelques gîtes ont déjà été signalés plus haut.

Une grande quantité d'agates, de calcédoines, et d'améthystes provient des géodes des trapps jurassiques du Rio Grande do Sul qui s'étendent sur 900 000 km^2 et débordent au Sud en Uruguay. De belles améthystes proviennent également de Bahia : Brejinho das Ametista (grands cristaux) et de Cabeloudos.

Le gisement de Cristallina (Goias), situé dans les grès horizontaux d'âge précambrien est au sommet d'un dôme, et les cristaux de quartz hyalin (parfois enfumé) se seraient probablement formés par remise en circulation de silice des quartzites encaissants. De belles citrines proviennent de Baixo Guandu (Espirito-Santo). La meilleure chrysoprase se rencontre en veines verte-pomme dans la péridotite altérée près du gîte de nickel de Niquelândia. Des lits de jaspe rouge (parfois de plusieurs mètres d'épaisseur) sont inclus dans les couches de grès silicifiés de Cabeça Enchada (Bahia).

EXPORTATIONS BRESILIENNES DE PIERRES BRUTES DE 1965 A 1968 D'APRES LE DEPARTEMENT NATIONAL DE LA PRODUCTION MINERALE DE RIO DE JANEIRO (Ministerio das Minas E Energia)

GEMME	1965 (en kg)	1966	1967	1968
Emeraude	2	56	221	385
Aigue-marine	153	269	643	185
Oeil-de-chat	-	6	10	3
Opale	5	3	6	-
Topaze	18	387	73	21
Tourmaline	132	851	188	210
Citrine	1 584	1 059	5 418	2 000
Améthyste	9 960	16 741	19 191	28 785
Agate	446 074	596 470	471 130	571 454
Pierres fines de nature non précisée	222 143	443 813	312 869	204 743
"Lascas" (fragments de gemmes résultant de la préparation avant la taille)	457 809	245 849	177 618	205 119

Le poids total des exportations légales de pierres fines taillées (agate exclue) représentait :

358 364 carats en 1966
168 571 carats en 1967
et 197 014 carats en 1968.

MADAGASCAR

Le quartz hyalin était déjà exploité par les Arabes au 9° siècle dans ce pays qui en est resté l'un des producteurs mondiaux. C'est dans le quartz de Madagascar qu'un grand nombre d'objets de la Renaissance européenne, de la Chine ou de l'Inde, ont été taillés et gravés (cristaux de roches). Anciennement, le cristal-de-roche provenait de Vohémar, sur la côte nord est, où on le rencontrait en gros blocs éluvionnaires, parfois roulés. Actuellement, les meilleurs cristaux se rencontrent à l'intérieur des géodes dans les quartzites précambriens. Le quartz rose provient des pegmatites de la région d'Antsirabé. La production annuelle de quartz ornemental est de l'ordre de 10 à 12 tonnes.

Parmi les autres pays producteurs on peut citer :

ETATS-UNIS

Ce pays produit de très belles variétés de quartz : agates, jaspes, etc, les gisements sont nombreux et variés, les plus intéressants sont dans les Etats suivants : Michigan, Colorado, Montana, Wyoming, Minesota, Illinois, Orégon et Californie. La production annuelle s'élève à quelques millions de francs.

INDE

Les trapps du Decan couvrent une surface de 300 000 km^2 et de nombreuses variétés du quartz s'y rencontrent dans les géodes. Les gîtes d'agate proches de la rivière Narbana sont exploités depuis 4 000 ans (des fours pour fissurer les agates fonctionnaient déjà 1 500 ans avant J.C.).

Production d'agate en Inde

1966	493 t
1967	457 t
1968	630 t

REPUBLIQUE D'AFRIQUE DU SUD

Ce pays produit actuellement les plus belles qualités d'oeil de tigre (100 tonnes par an environ).

RHODESIE

Un grand gisement d'agate et de bois fossile a été découvert à Gokwe.

SUD OUEST AFRICAIN

Production de variétés de quartz utilisés en ornementation : chiffres publiés pour 1963 :

quartz rose	240 kg
jaspe	190 kg
calcédoine	1 000 kg
quartz vert (opaque)	2 900 kg
quartz améthystin	60 000 kg.

URUGUAY

Les trapps jurassiques renferment de grandes réserves d'agate, d'améthyste, de calcédoine : la plus belle production d'améthystes connue actuellement dans le commerce provient de ce pays où l'extraction est tout à fait artisanale et échappe à tout contrôle de l'état en ce qui concerne la valeur de la production.

ZAMBIE

On connaît des réserves importantes d'améthyste à Kalomo (1 300 tonnes) dont la mise en exploitation est très récente.

L'AMBRE

Employé en Europe depuis 7 ou 8 000 ans, l'ambre (résine fossile) provient surtout des rivages de la mer Baltique. Sa production cumulée est importante : 1 milliard de francs. Il était déjà très employé à l'époque romaine, et il existait dans le monde antique une route de l'ambre comme il existait une route de la soie. L'ambre provenant de la Baltique traversait l'Europe et gagnait l'Orient par l'Asie mineure.

Le principal lieu d'extraction est à Königsberg où on rencontre l'ambre dans des sables argileux oligocènes. Le second pays producteur est la Birmanie où l'ambre était déjà exploité au début de notre ère. La production mondiale d'ambre est encore actuellement importante, mais l'extraction a surtout culminé entre les deux dernières guerres mondiales.

PRODUCTION MONDIALE D'AMBRE DE LA BALTIQUE ET DE LA BIRMANIE DE 1924 A 1932

	PRUSSE tonnes	BIRMANIE tonnes
1924	501	4,5
1925	547	0,8
1926	540	2
1927	414	3,6
1928	481	1,5
1929	516	1
1930	491	0,1
1931	314	-
1932	59	0,6

L'OPALE

Appréciées par les Romains, les belles opales irisées provenaient de l'extrémité est de la Tchécoslovaquie (Dubnik) où on les trouvait dans des roches volcaniques (tufs andésitiques).

De nos jours, la plus grande partie de la production provient des gisements australiens dont les plus importants sont : Hayricks Mine, Lightning Ridge, White Cliffs, Andamooka, Coober Pedy et Mintabie qui ont fourni une production cumulée de 350 millions de francs, soit plus de 80 % de la production mondiale cumulée (425 millions de francs). En 1969 la production annuelle mondiale était de 75 millions de francs dont 60 à 62 millions provenaient d'Australie.

L'opale australienne a surtout une origine sédimentaire, on la rencontre à la périphérie de bassins artésiens sédimentaires d'âge crétacé. Elle s'est formée lorsque la silice provenant de couches silicatées a migré vers le bas, soit sous forme de solution vraie, soit par percolation prolongée dans le sol aquifère, et s'est déposée lorsque le drainage a été arrêté par des couches argileuses moins perméables.

Le second producteur mondial est le Mexique où l'opale noble et l'opale de feu d'un beau rouge orangé se sont formées dans des trachytes (Queretaro, Michoacan, Chihuahua, Hidalgo, Guerrero et San Luis Potosi). Une récente production d'opale du Brésil provient de Boi-Morto (Piaui). L'opale noble[1] doit ses vives irisations à un réseau à 3 dimensions de sphères de silice amorphe, chaque sphère montrant une série de cellules secondaires précipitées autour d'un nucléus. C'est la combinaison de la dimension et de la disposition de ces sphères qui détermine l'irisation (couleurs d'interférence), dans l'opale gemme les cellules étant plus grandes et mieux disposées que dans l'opale commune (Darragh, 1966).

---

(1) Iler, Nature, 207, 1965 ; Darragh et al., Nature, 209, 1966;

LE JADE

Les jades : jadeïte et néphrite ont été utilisés par l'homme depuis la préhistoire.

Travaillés depuis le II° millénaire en Chine, à des fins ornementales, les jades gravés comptent parmi les productions artistiques les plus raffinées de l'Orient.

La jadeïte dont la production cumulée est de l'ordre de 500 millions de francs, provient de Haute-Birmanie près de Tawmaw. Elle s'est formée par endomorphose d'un filon de pegmatite dans la serpentine, avec au contact, des zones albitiques et amphibolitiques. La production a pu atteindre certaines années 100 tonnes, actuellement elle est de l'ordre de 10 millions de francs. Le dernier chiffre de production signalé était de 65 tonnes pour 1964.

La néphrite était exploitée en Chine à Shen-Si (fin du II° millénaire) et à Khotan (150 ans avant J.C.) ; des gisements sont exploités en Nouvelle-Zélande, en Sibérie (Baïkal) et aux Etats-Unis. La valeur cumulée de la production n'excède pas 150 millions de francs.

TURQUOISE

Très anciennement employée, la turquoise provient surtout d'Iran (Nischapur), de Chine, des Etats-Unis et d'Egypte.

Elle se forme dans des roches alumineuses sédimentaires ou éruptives en climat aride. Sa production cumulée est de l'ordre de 300 millions de francs et sa production annuelle de quelques millions.

LAPIS-LAZULI

Connue depuis la plus haute Antiquité, cette belle roche bleue, à prédominance de lazurite, provient surtout d'Afghanistan où on l'exploite depuis 6 000 ans. Sa production cumulée peut vraisemblablement correspondre à 250 millions de francs.

Le Chili est le plus gros producteur en volume d'une variété à prédominance de sodalite (jusqu'à 19 tonnes par an), mais la qualité et la valeur de la production afghane est bien supérieure et correspond à quelques millions de francs par an. Une petite production de lapis de bonne qualité provient, par intermittence, de la région du Lac Baïkal.

SPINELLE

Confondus dans l'Antiquité et à des périodes plus récentes avec les rubis et les saphirs, les spinelles rouges et bleus proviennent comme eux de Mogok et de Ceylan. Pendant le Moyen-Age les géographes arabes signalaient un important gisement de spinelle ("balay") dans le Nord Est de l'Afghanistan. La production cumulée probable doit correspondre à 250 millions de francs, et la production annuelle à quelques millions.

ALMANDIN-PYROPE

Les grenats de la série pyrope-almandin sont les plus employés comme gemmes. Le pyrope provient des péridotites, on le rencontre très souvent associé au diamant dans les kimberlites (Afrique du Sud, Sibérie), en Bohême il est en place dans les serpentinites (péridotite altérée), mais a surtout été exploité en alluvions.

Les pyropes-almandins proviennent des gneiss ou des pyroxénites (Madagascar, Brésil), et les almandins des gneiss et des micaschistes (Inde, Rhodésie où le nouveau gîte de Nova Freixo donne une production intéressante). Leur production cumulée est de l'ordre de 100 millions de francs et leur production annuelle de 1 à 2 millions.

PERIDOT

Très appréciée pendant le Moyen-Age, cette gemme devient rare en beaux exemplaires de plus de 20 carats. Le principal gisement, situé dans les roches ultra-basiques de l'île de Zébirget, ne produit plus actuellement. Quelques bonnes pierres proviennent encore de Birmanie. La production cumulée est de l'ordre de 100 millions de francs, actuellement la production est faible et provient de petits gîtes des Etats-Unis, du Mexique et de Norvège.

*
* *

La valeur cumulée de toutes les autres pierres fines et décoratives ne représenterait que 550 à 650 millions de francs, c'est-à-dire 0,2 % de l'ensemble des productions de gemmes.

Les plus employées sont : le zircon, la pierre de lune, la malachite, la rhodochrosite, la sodalite, la rhodonite, l'obsidienne, puis la cordiérite, la zoïsite (bleue surtout), la serpentine, l'hématite, la labradorite, la variscite (souvent confondue avec la turquoise), etc. et une série assez grande d'autres espèces minérales plutôt employées comme "minéraux de décoration" et assez rarement taillées pour orner des bijoux ou pour servir à la fabrication de petits objets précieux (statuettes, coupes, etc).

TROISIEME PARTIE

L'AUTHENTIFICATION DES GEMMES

-o-

IDENTIFICATION DES GEMMES

La dureté relative des minéraux était déjà connue des Grecs et, pendant deux mille ans, le principal test d'identification d'une gemme consistait à vérifier de quelle manière elle s'usait sur un polissoir ou une meule de taille. La dureté permettait donc de différencier un verre coloré d'une gemme plus dure ainsi que des gemmes de couleur approchante mais de dureté différente.

La distinction était plus problématique quand des gemmes de couleurs approchantes présentaient des duretés assez voisines. C'est pourquoi nous constatons de grandes confusions dans leur nomenclature jusqu'à une période assez récente : des noms d'espèces minérales servent à distinguer des couleurs ; des noms de variétés, plusieurs espèces différentes.

Ce n'est qu'au début du XIXe siècle que l'on parvient à mieux définir les gemmes en tant que variétés de couleur d'espèces minérales par le recoupement de certains critères physiques[1] non destructifs : dureté et densité principalement, puis présence ou absence de biréfringence constatée à l'aide de la pince à tourmaline. D'autres procédés commodes de détermination seront peu à peu employés, surtout après la première guerre mondiale, notamment la mise au point du réfractomètre de poche à solide qui permet d'éviter les fastidieux calculs de l'indice ou des indices de réfraction à partir de la réfraction d'un rayon lumineux à travers deux facettes d'une pierre taillée formant prisme, la déviation étant mesurée au goniomètre.

---

(1) René-Just HAÜY, *"Traité des caratères physiques des pierres précieuses"* (1817).

De nos jours, l'identification des pierres précieuses et autres gemmes en tant qu'espèces minérales repose principalement sur la mesure des indices de réfraction à l'aide du réfractomètre, l'examen du spectre d'absorption à l'aide d'un spectroscope, l'examen de la fluorescence aux rayons ultraviolets et, lorsque les pierres ne sont pas serties sur des montures, la mesure de la densité.

AUTHENTIFICATION DES GEMMES

Lorsqu'une gemme est identifiée en tant qu'espèce minérale, il faut encore s'assurer de son authenticité, c'est-à-dire qu'il ne s'agit pas d'un cristal (sans valeur) fabriqué en usine, même si cette pierre synthétique possède une formule structurale identique et des propriétés physiques voisines de la pierre précieuse imitée. On comprend sans peine qu'une espèce cristallisée dans une usine de produits chimiques, voire en laboratoire, ne peut, du fait de sa facile reproductibilité par des méthodes industrielles parfaitement au point, avoir la valeur d'une pierre précieuse comptant parmi les cristaux les plus rares du règne minéral et, du fait de cette rareté, les plus recherchés. On aurait tort de croire que l'expertise des gemmes ne vise qu'à la protection des produits naturels et à la défense de leur valeur commerciale face aux publicités abusives.Les gemmes, du fait de leur dureté et de leur relative stabilité chimique, sont aussi d'excellents repères qui permettent aux archéologues et aux historiens d'effectuer de fructueuses corrélations grâce à la découverte, lors de fouilles, de telle variété de gemme dont les gisements sont éloignés et peu nombreux par exemple ; ou encore, grâce à la manière dont elles ont été travaillées avant d'être enfouies dans une sépulture.

Différence fondamentale existant entre la formation des minéraux en milieu naturel et la cristallisation provoquée par l'homme de leurs homologues artificiels

Il y a une différence fondamentale entre les processus physico-chimiques conduisant à la formation des minéraux dans la nature, et les processus de cristallisation obtenus en laboratoire (ou à l'échelle industrielle).

Les cristallisations provoquées par l'homme se déroulent en systèmes fermés. Les processus naturels se déroulent en systèmes ouverts et les processus physico-chimiques sont largement influencés par le milieu extérieur, ce qui conduit aux variations que l'on observe pour la composition chimique (et par conséquent, aux variations de certaines propriétés physiques : densité, propriétés optiques, etc). Cela conduit aussi à la présence de défauts de cristallisation particuliers, ou à la présence de tel ou tel type d'inclusion fluide ou solide et à de fréquentes variations dans la répartition des zones de couleur dans certaines gemmes, et qui sont fonction des variations de concentration de tel ou tel élément en trace dans le milieu "mère" de la gemme en cours de cristallisation (bain magmatique, solution acqueuse ...). Déjà, en 1925, Vernadsky écrivait :

"Durant l'étude des processus chimiques naturels, nous nous heurtons constamment à des particularités qui ne correspondent pas à nos idées sur la chimie basée sur l'expérience des laboratoires... De plus, les réactions naturelles se font dans des conditions différentes, dans l'immense majorité des cas, de celles qui sont familières aux chimistes".

Korzinskij donne, en 1962 dans sa "Théorie des processus de formation des minéraux", une idée de la complexité de certains phénomènes qui s'élaborent au sein des magmas. Voici ce qu'il dit au sujet des processus magmatiques et de la granitisation :

"L'analyse des paragenèses des minéraux des roches granitoïdes a montré qu'au cours de leur formation les alcalins étaient très mobiles, de sorte que la composition minéralogique est déterminée par l'activité

de K_2O et Na_2O (et aussi par l'activité de l'eau), lors de la cristallisation, et non pas par leur teneur dans un volume donné de magma. Ainsi, du point de vue thermodynamique, les systèmes magmatiques doivent être considérés comme des systèmes ouverts à constituants entièrement mobiles (et non comme systèmes fermés)... *Il se trouve que les magmas qui s'élèvent par les failles profondes des plates-formes, sont toujours plus alcalins que les magmas des zones géosynclinales. Cela indique, apparemment, le caractère alcalin des magmas et des solutions les plus profondes. L'augmentation de l'alcalinité des granites, lors de la granitisation des roches de composition basique plaide pour la granitisation en tant que substitution magmatique d'infiltration, avec participation des solutions transmagmatiques. Ainsi, lors de la granitisation des diabases, il se forme habituellement des monzonites, et, lors de celle des roches carbonatées, il se forme des syénites et même des syénites néphéliniques. Cette élévation locale de l'alcalinité ne pourrait avoir lieu ni au cours des processus magmatiques de diffusion du type fusion et assimilation, ni au cours de la métasomatose de diffusion (transformisme)".*

Nous verrons en étudiant les inclusions solides des corindons gemmes, que le saphir contient souvent des minéraux qui sembleraient indiquer une paragenèse de roches alcalines. De plus, l'étude des inclusions fluides de quelques corindons semblerait indiquer également l'origine profonde de leur formation. On comprendra mieux alors la présence d'une série d'inclusions se rencontrant dans les gemmes provenant de telle mine ou tel gisement, surtout lorsque la roche primaire aura disparu de la surface par érosion ou que la gemme se rencontre dans une roche "magasin" qui constitue un gisement "secondaire". Cette roche pourra aussi bien être volcanique (basalte) et n'avoir servi qu'au transport de la gemme, que sédimentaire (grès, conglomérats) et libérer à son tour la gemme que l'on pourra rencontrer dans un gîte alluvionnaire après destruction de la roche "magasin".

I - Les inclusions rencontrées dans les gemmes

Le procédé le plus classique d'expertise des pierres précieuses est l'examen des défauts visibles et, surtout, des inclusions solides qu'elles renferment. Ces dernières années, nous nous sommes efforcés de déterminer la nature minéralogique de ces inclusions en conjuguant diverses méthodes applicables à de petites surfaces (6 à 100 microns) et couramment employées dans les laboratoires modernes de minéralogie : optique en lumière réfléchie, analyse des constituants chimiques au micro-analyseur à sonde électronique, microdureté, et parfois, lorsque l'inclusion était grande (500 microns) et que la gemme avait peu de valeur, nous avons effectué un diagramme de diffraction des rayons X sur poudre cristalline. Mais nous avons presque toujours eu recours à des procédés non destructifs afin de pouvoir conserver les gemmes contenant des inclusions qui affleuraient sur des faces polies, pour des études comparatives ultérieures, avec des gemmes taillées, serties sur des montures par exemple.

CLASSIFICATION DES INCLUSIONS SOLIDES

Les inclusions solides rencontrées dans les gemmes peuvent se répartir en cinq types (Schubnel, 1968) :

1) inclusions monominérales - association de petits cristaux automorphes d'espèces différentes rencontrées dans la paragenèse de la gemme au moment de sa formation ;

2) inclusions polyminérales syncristallisées, le plus souvent piégées à l'état liquide par la gemme en cours de croissance ;

3) exsolutions produites en système fermé dans la gemme ;

4) minéraux secondaires provenant de l'altération d'inclusions primaires ;

5) minéraux mis en place par dépôts chimiques secondaires ou par remplissage mécanique des fissures et cavités communiquant avec l'extérieur.

Les dépôts salins observés dans les inclusions fluides forment un petit groupe que l'on peut soit rattacher au second groupe, soit considérer à part.

TYPE I

De nombreuses gemmes contiennent des inclusions automorphes de 5 à 500 microns, de formes parfois nettes (octaèdre, prisme à section hexagonale, etc). Si quelques minéraux en inclusions ont été depuis longtemps déterminés de manière exacte (rutile, zircon, etc), de nombreuses espèces minérales ont été, par la suite, très souvent confondues avec ces minéraux déjà décrits. Pendant de longues années, on ne disposait que du microscope polarisant pour évaluer certaines propriétés optiques des inclusions solides. L'usage du micro-analyseur à sonde électronique pour vérifier leur constitution chimique nous a permis de constater qu'il y a beaucoup plus d'espèces minérales en inclusions qu'on ne le supposait. Cela a d'autant plus d'importance que de nombreux métaux, qui apparaissent lors d'analyses spectrographiques d'éléments en trace, proviennent, non pas forcément de la gemme matrice (ce qui laissait supposer que sa couleur était due à ces métaux réputés régulièrement disséminés) mais surtout des inclusions elles-mêmes.

Les micro-cristaux de ce type I sont très nombreux et toujours caractéristiques de la paragenèse de la gemme au moment de sa formation. Ils ont soit des facettes lisses et nettes, soit des formes irrégulières ou arrondies, ils peuvent avoir été clivés ou brisés par les forces de cristallisation de la gemme en cours de croissance (ou par ses mouvements dans les magmas ou fluides dans lesquels elle croissait). Ces micro-cristaux peuvent appartenir à plusieurs espèces différentes, et il n'est pas rare d'en rencontrer trois ou quatre dans la même pierre taillée. Dans certaines gemmes, les inclusions les plus grandes ont pu déterminer des fractures parfois irrégulières ou en forme d'auréole ovale ou circulaire.

TYPE II

Ce type est surtout constitué par des syncristallisations de sulfures métalliques. Ces inclusions sont en général sphéroïdes ou en grains irréguliers de l'ordre du dixième de millimètre, avec ou sans auréole d'éclatement. On les observe aussi en minuscules grains de quelques microns ou en bâtonnets plus ou moins étirés (semblables, au microscope, à des coulées métalliques), alignés dans les fissures cicatrisées de la gemme, parfois logés dans des fissures ouvertes. Ils sont surtout caractéristiques des gemmes de roches ultrabasiques (diamant, pyrope, péridot), mais peuvent également se rencontrer dans le corindon, associés à des microcristaux d'apatite.

Dans les péridots, ces grains sont en général groupés. Ils prennent alors l'allure de "voiles" ou "d'ailes de mouche" et - de même que certaines fissures ou alignements de cavités - sont presque toujours en relation avec un noyau de sulfure beaucoup plus gros (fig. 7). Lorsque les sulfures métalliques remplissent, partiellement ou en totalité, les cavités alignées, on observe de minces films très réfléchissants. Il semble que ces sulfures ont été piégés à l'état liquide et sous forme de gouttelettes par les cristaux en formation. Il semble aussi qu'une certaine partie de ce liquide a circulé dans les fractures en relation avec le noyau principal (particulièrement visible sur la photo 7). On observe au centre de cette photo une cavité qui n'est que partiellement remplie et (par l'intermédiaire des sulfures) reliée à tout ce réseau de "voiles", qui n'est autre que la trace des cicatrisations du cristal de péridot, rendue visible par l'opacité des sulfures qui s'y sont logés. Au microscope à lumière réfléchie, nous avons observé, sur un certain nombre de péridots, que, si les noyaux centraux étaient constitués par deux, trois ou quatre sulfures syncristallisés, les minuscules grains qui matérialisent les voiles sont en général constitués par de la pentlandite, plus rarement par l'association pentlandite-chalcopyrit

Type III

Il s'agit essentiellement des exsolutions dont l'exemple le plus classique en gemmologie est ce que l'on appelle les "soies", forme d'inclusion particulière aux corindons. Les soies, en général formées

par un ensemble de minces aiguilles de rutile de quelques microns, sont situées dans un plan perpendiculaire à l'axe ternaire du corindon et orientées suivant trois directions formant entre elles des angles de 120°. Il en résulte que les aiguilles se recoupent en formant des triangles équilatéraux (quelques soies que nous avons étudiées étaient formées par des cristaux allongés de calcite, orientés de la même manière que le rutile mais sans être produits par un phénomène d'exolution).

D'autres exsolutions sont connues dans les silicates, en particulier les exsolutions de lamelles de magnétite, ilménite et spinelle ferrifère dans le diopside noir de l'Inde présentant le phénomène de l'astérisme.

TYPE IV

Ce type d'inclusion dérive de la transformation des inclusions du type I et il est parfois impossible de les distinguer, car la forme originelle des micro-cristaux a subsisté. Néanmoins, lorsque la gemme taillée contient des inclusions non altérées à côté d'inclusions altérées, une différence de couleur permet de les distinguer.

Deux cas peuvent se présenter :

a) l'altération est due à un agent chimique venant de l'extérieur, l'inclusion étant en relation avec un système de fissures ou de canaux ou d'autres cavités communiquant avec l'extérieur (fig.8) ;

b) l'inclusion, dans la masse de la gemme, est parfaitement isolée de l'extérieur, les transformations subies par le ou les minéraux qui la forment étant dues à d'autres facteurs (instabilité de la structure, équilibre entre minéraux, etc).

Dans quelques cas, on peut observer le minéral primaire résiduel qui subsiste aux côtés du ou des minéraux secondaires formés à ses dépens. On remarque en général que ce sont les inclusions les plus grandes qui sont le plus souvent altérées, surtout lorsqu'elles étaient proches de la surface du cristal (avant la taille).

TYPE V

Il s'agit en fait d'intrusions de matières étrangères mises en place, bien après la formation des gemmes, dans leurs cavités ou fractures par dépôts chimiques ou remplissages mécaniques. C'est ainsi que la découverte d'or et de quartz dans des diamants alluvionnaires s'est longtemps heurtée à la suspicion des spécialistes du fait que ces éléments sont étrangers à la paragenèse du diamant. Pourtant de multiples phénomènes survenus au cours des temps géologiques rendent possibles de telles intrusions[1].

Souvent, le remplissage, dû à des microfissurations à partir de la surface du cristal, décroît en profondeur (hydroxydes de fer logés dans des lignes d'inclusions secondaires fluides et partiellement vidées, et dont les cavités communiquent souvent entre elles par de minuscules canaux).

Les inclusions dans les diamants

Si les inclusions ne servent pas (actuellement) à l'authentification des diamants, elles ont été particulièrement étudiées par les spécialistes en raison de l'intérêt de réaliser la synthèse de ce minéral stratégique ce qui nécessitait des études approfondies sur sa genèse. On y a ainsi déterminé en inclusions : pyrope, rutile, diopside chromifère, magnétite, pyrite, pyrrhotite, pentlandite, enstatite, graphite, olivine, coesite, spinelle chromifère, ilménite magnésienne, serpentine, puis : calcite, hydroxydes de fer, or, quartz, etc.

---

(1) Ces inclusions sont rares du fait de la sélection naturelle des diamants alluvionnaires, les plus fissurés se cassant lors du transport dans les cours d'eaux (multiples chocs sur les galets du fond).

Les inclusions dans les corindons

L'observation des inclusions solides dans les rubis et les saphirs est primordiale pour leur authentification, et, de 1966 à 1970, plusieurs travaux de détermination avec l'emploi du micro-analyseur à sonde électronique ont été effectués (Gübelin ; Schubnel et al.).

Voici les espèces déterminées :

SAPHIR		RUBIS	
GUBELIN	SCHUBNEL	GUBELIN	SCHUBNEL
pyrrhotite	pyrrhotite		sphalérite
	chalcopyrite		chalcopyrite
pyrite	pyrite		pyrite
anhydrite	calcite	pyrrhotite	pyrrhotite
	chloroapatite	spinelle	spinelle
	monazite	rutile	rutile
	spinelle		hydroxydes de fer
rutile	rutile	calcite	calcite
hématite	hématite	apatite	pargasite
	ilménite	sphène	fassaite
	magnétite	zircon	néphéline
niobite	niobite		plagioclase
pyrochlore à uranium	pyrochlore à U		
	hydroxydes de fer		
	fergusonite		
zircon	zircon		
	britholite		
	thorite		
	tourmaline		
	pargasite		
	ferrohastingsite		
biotite (phlogopite)	phlogopite		
	anorthite		
feldspath	orthoclase à sodium		

On peut immédiatement constater que les rubis, à l'inverse des saphirs, semblent ne jamais contenir d'inclusions de minéraux de niobium, tantale, uranium, thorium, ytrium, cérium, lanthane et autres terres rares ; ni d'ailleurs de phlogopite, assez répandu en inclusion dans les saphirs de Birmanie et de Ceylan.

Echantillonnage

En ce qui concerne les provenances, nous avons toujours effectué nos analyses sur des échantillons prélevés sur place à cet effet ou, à défaut, sur des échantillons conservés en collection[1] et accompagnés d'indication très précises : localité, identité des personnes qui les avaient prélevés sur place, etc. Plus de 1 000 rubis et 5 000 saphirs ont été examinés. Après sélection des divers types d'inclusions rencontrées dans chaque gisement, quelques centaines de corindons ont été montés en section polie (englobés dans du stratyl) de manière à faire affleurer l'inclusion par polissage, après l'avoir photographiée.

Toutes nos descriptions d'inclusions ont été effectuées sur des échantillons effectivement déterminés à l'aide d'au moins deux méthodes : mesure des pouvoirs réflecteurs et analyse chimique, au micro-analyseur à sonde électronique le plus souvent.

Les inclusions dans les rubis

BIRMANIE (Mogok)

Inclusions solides rencontrées : rutile, calcite, sphalérite, pargasite.

- **Rutile** : cristaux de 1 à 200 microns, noirs ou bruns, opaques ; trapus ou allongés ; en fines lamelles brunâtres semi-transparentes, en aiguilles allongées ou en flèches (macles) orientées suivant trois directions à 120° (soie).

---

(1) Muséum national d'Histoire naturelle et Ecole nationale supérieure des Mines.

- **Calcite** : cristaux de 10 à 500 microns, incolores, transparents, de formes arrondies ou nettes (rhomboèdre à sommet triangulaire, etc). Elle peut aussi se présenter en baguettes et fines aiguilles orientées comme le rutile suivant trois directions à 120° (les aiguilles sont alors plus courtes que celles de rutile).

- **Sphalérite** : cristaux de 10 à 500 microns, transparents, jaunes à brun-rouge miel ; formes nettes ou un peu arrondies à surface brillante ; orientés comme les cristaux de calcite et de rutile, suivant trois directions à 120° et dans un plan perpendiculaire à l'axe principal du cristal de rubis sans former d'aiguille.

- **Pargasite** : rares cristaux isolés (100 à 1 000 microns), transparents à translucides, verdâtres, en forme de prismes allongés, striés en long.

CAMBODGE (Pailin)

Inclusions solides rencontrées : plagioclase, néphéline, fassaite, spinelle ferrifère, chalcopyrite, hydroxydes de fer.

- **Plagioclase et néphéline** : ces deux minéraux sont souvent associés en cristaux de 10 à 100 microns, incolores, arrondis ou avec quelques facettes et le plus souvent en relation avec une fracture de la pierre.

- **Fassaite** : petits cristaux incolores (10 à 50 microns) au faible relief ; formes assez arrondies.

- **Spinelle** : grains noirs opaques (10 à 50 microns) souvent associés au plagioclase et à la néphéline.

- **Chalcopyrite** : globules ou cristaux de 10 à 80 microns : opaques, jaune doré à éclat métallique caractéristique ; formes nettes.

- **Hydroxydes de fer** : dépôts secondaires rougeâtres à bruns, logés dans les fractures du rubis qui communiquent avec l'extérieur.

THAILANDE (Chanthaburi)

Inclusions solides rencontrées : fassaite, anorthite.

- **Fassaite** : cristaux arrondis de 20 à 300 microns, transparents et incolores, montrant souvent des plans parallèles de clivage (dans une seule direction), ce qui peut les faire ressembler à des calcites. Ils sont souvent environnés de fractures et en relation avec des plans de macle du rubis[1], ce qui expliquerait la présence de fractures (ou clivages) à l'intérieur des inclusions elles-mêmes.

- **Anorthite** : cristaux de 20 à 200 microns, incolores et transparents, aux formes nettes (ou arrondies) ; souvent environnés de fractures et en relation avec les lignes de macle mécanique du rubis.

TANZANIE (Longido)

Inclusions solides rencontrées : pargasite, zoïsite, spinelle ferrifère et grains hétérogènes (formés de silicates et de non silicates).

- **Pargasite** : cristaux de 10 à 300 microns, arrondis, incolores et transparents ; souvent associés au spinelle ferrifère.

- **Zoïsite** : groupement de cristaux irréguliers (20 à 300 microns), transparents[2], et presque toujours en relation avec des fissures du rubis.

- **Spinelle** : grains de 5 à 80 microns, semi-transparents à opaques, brunâtres ou noirâtres.

On rencontre aussi des grains hétérogènes le plus souvent opaques et formés de silicates et d'oxydes non déterminables (spinelles ? symplectites ?).

---

(1) Les macles mécaniques apparaissent assez souvent dans les corindons gemmes de certains gisements (Tanzanie, Thaïlande, etc).

(2) La couleur rouge intense du rubis ne permet pas de distinguer si la zoïsite à une nuance verte ou si elle est incolore.

Les inclusions dans les saphirs

CEYLAN

Inclusions solides rencontrées : chloroapatite, rutile, hématite, phlogopite, spinelle (ferrifère ou zincifère, Zn = 2 %), pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite, hydroxydes de fer.

- **Chloroapatite** : cristaux de 20 à 1 000 microns, transparents, incolores ; formes nettes (prisme hexagonal avec modifications aux deux terminaisons) ou arrondies ; souvent associés à des sulfures de fer.

- **Rutile** : cristaux de 20 à 1 000 microns, opaques, brun-noir à noir brillant; formes nettes ou baguettes et grains irréguliers.

- **Hématite** : cristaux de 20 à 1 000 microns, opaques, noir brillant ; formes nettes (lamelles ou cristaux lenticulaires avec faces du rhomboèdre).

- **Phlogopite** : cristaux de 20 à 1 000 microns, transparents et jaunâtres presqu'incolores à rouge-brun foncé ; prismes aplatis à section hexagonale, grains irréguliers, ou lamelles et fragments résultant du clivage.

- **Spinelle** : cristaux de 20 à 2 000 microns, transparents, faiblement teintés à noir opaque (variété ferrifère) ; grains irréguliers ou formes nettes (octaèdre avec face du dodécaèdre).

- **Pyrrhotite** : cristaux de 20 à 1 000 microns, opaques, jaune pâle à éclat métallique ; s'observent soit en prismes à section hexagonale avec terminaison en gradins ou en grains arrondis ; soit en gouttelettes et en pellicules à la périphérie de cristaux d'apatite.

- **Pyrite** : associée à la pyrrhotite, elle est secondaire et provient presque toujours d'une transformation partielle de ce minéral.

- **Chalcopyrite** : seulement observée, logée en intrusion dans les fissures communiquant avec l'extérieur, opaque, éclat métallique doré.

- **Hydroxydes de fer** : ils sont le produit d'altérations d'inclusions préexistantes de sulfures de fer dont ils gardent les formes (en leur donnant toutefois un aspect pulvérulent de couleur brun rouille à noirâtre) ; ou le résultat d'un remplissage de cavités et de fissures en relation avec l'extérieur.

CAMBODGE (Pailin)

Inclusions solides rencontrées : zircon, miobite, pyrochlore à uranium, thorite (avec un peu de phosphore et de cérium), plagioclase, goethite, ilménite, magnétite.

- **Zircon** : cristaux de 20 à 500 microns, incolores, transparents à brunâtres, semi-opaques, formes nettes (prismes quadratiques bipyramidés) ou grains irréguliers.

- **Niobite** : cristaux de 50 à 500 microns, noir brillant, opaques, formes nettes ; les plus grandes inclusions sont environnées de fractures.

- **Pyrochlore à uranium** : cristaux de 50 à 500 microns, brun-rouge translucide ou noirâtre opaque ; formes nettes (octaèdre avec face du dodécaèdre, etc) ; souvent associé à la niobite et au zircon.

- **Thorite** : cristaux de 20 à 200 microns, transparents, incolores ; formes nettes (prismes) ; souvent associé au zircon.

- **Plagioclase** : cristaux de 30 à 300 microns, transparents, incolore formes nettes ou grains irréguliers.

- **Goethite** : remplissages (de couleur rouille à brun sombre) de cavités communiquant avec l'extérieur, ou reliquats d'inclusions primaires proches de la surface du cristal gemme.

- **Magnétite et ilménite** : grains opaques associés à la goethite emplissant les cavités (remplissage mécanique).

THAILANDE

Nous n'avons pu obtenir que très peu de saphirs de ce pays. Quelques-uns montraient les mêmes inclusions que ceux de Paîlin : zircon, niobite, pyrochlore à uranium, feldspath avec, en plus, spinelle ferrifère (contenant un peu de zinc et de magnésium).

- **Spinelle** : cristaux de 20 à 200 microns, noir opaque à brun-rouge translucide pour les plus petites inclusions ; formes nettes (dodécaèdre).

BIRMANIE (Mogok)

Inclusions solides rencontrées : rutile, calcite, chloroapatite, phlogopite, pyrrhotite, monazite, zircon, fergusonite, orthoclase (avec sodium), ferrohastingsite, silico-phosphate de thorium lanthane et cérium (déterminé comme britholite).

- **Rutile** : cristaux, grains ou aiguilles de 10 à 150 microns, rouge noir brillant, semi-opaque à brunâtre, translucide ; les aiguilles sont souvent orientées suivant trois directions à 120° (soies).

- **Calcite** : cristaux de 10 à 300 microns, incolores, transparents ; de formes arrondies ou nettes (rhomboèdre, etc) ; elle peut parfois se présente en fragments clivés.

- **Chloroapatite** : cristaux de 10 à 300 microns, incolores, transparen de formes arrondies comme, parfois, pour la calcite.

- **Phlogopite** : cristaux de 50 à 700 microns, jaune paille à jaune-brun ; formes nettes : lamelles à section hexagonale ou à contour irrégulier ; parfois clivés et ayant alors un éclat très vif sur les faces de clivage.

- **Pyrrhotite** : globules à éclat métallique doré de 100 à 400 microns de diamètre.

- **Monazite** : petits cristaux de 10 à 50 microns, transparents et incolores, formes prismatique ou arrondies ; associée au zircon.

- **Zircon** : cristaux de 10 à 100 microns, transparents, incolores ou jaunâtre, se montrant parfois en prismes bipyramidés et alors nettement reconnaissables, ou en grains (ou agrégats de grains) arrondis.

- **Fergusonite** : grains ou agrégats de grains de 10 à 100 microns brun-rouge translucide à surface brillante ; associée au zircon.

- **Orthoclase** : cristaux de 50 à 150 microns, incolores, transparents, formes arrondies irrégulières et contournées.

- **Ferrohastingiste** : cristaux de 50 à 400 microns, noirs, opaques à faces ternes ; formes nettes (prismes plus ou moins allongés avec modifications aux sommets).

- **Britholite** : cristaux de 50 à 150 microns, jaunâtre à brunâtres, translucides ; formes arrondies ; associée au zircon.

- Des dépôts salins, associés à des inclusions fluides (anhydride carbonique), ont été observés.

AUSTRALIE (Inverel)

Inclusions solides rencontrées : zircon, thorite (avec un peu de phosphore et terres rares), feldspath, rutile, spinelle (avec titane et fer), pyrochlore à uranium, magnétite, hématite, hydroxydes de fer.

- **Zircon** : cristaux de 20 à 400 microns, incolores, transparents ; de formes le plus souvent nettes (prisme à section carrée avec bipyramide). Les inclusions les plus grandes sont environnées de cassures.

- **Thorite** : cristaux de 20 à 100 microns, incolores, transparents ; de formes nettes (prisme à base carrée) et très souvent environnés de nombreuses cassures à dépôts noirâtres.

- **Feldspath** : cristaux de 20 à 400 microns, incolores, transparents formes nettes ou indistinctes et irrégulières (grains). Les inclusions dépassant 100 microns sont très souvent entourées d'une fracture circulaire.

- **Rutile** : cristaux de 20 à 100 microns, rouge-brun translucide ou noirâtre opaque ; formes assez souvent indistinctes (grains).

- **Spinelle** : grains irréguliers de 20 à 100 microns, grisâtres, translucides.

- **Pyrochlore à uranium** : grains arrondis de 10 à 50 microns, souvent groupés en agrégats ; rouge vif, translucides, (rares dans les saphirs australiens).

- **Hydroxydes de fer** : dépôts rouille à brun-noir remplissant partiellement cavités et fissures (certaines cavités ne semblent pas être en relation avec l'extérieur et sont situées dans la zone centrale du saphir).

- **Magnétite et hématite** : grains opaques et noirs remplissant des cavités proches de la surface.

Les saphirs que nous avons pu obtenir du gisement d'Anakie sont peu nombreux (cinq), néanmoins l'un d'eux contenait des inclusions de brithollite : cristaux de 20 à 100 microns, incolores, transparents ; formes indistinctes ; environnés de nombreuses cassures à dépôts noirâtres.

CACHEMIRE

Nous n'avons pu obtenir que trois saphirs bruts dont deux contenaien des inclusions de tourmalines, l'autre des pargasites.

- **Tourmaline** : cristaux de 50 à 300 micons, verdâtres, semi-transparents ; formes irrégulières.

- **Pargasite** : cristal de 500 x 80 microns, vert pâle ; faces lisses (prisme à section losangique avec terminaisons) ; et fines aiguilles à section losangique mesurant 5 à 6 mm de long.

TANZANIE (Umba)

Les inclusions rencontrées dans les corindons rouges, jaunes, violets et verts, ont été déterminées à l'aide de diagrammes de poudre comme pyrrhotite, apatite, graphite (Zwaan, 1970, communication orale).

Depuis, nous avons reçu de cette région un saphir violet contenant une infinité de petites inclusions de zircon : grains de 5 à 100 microns, transparents et incolores à surface brillante (relief élevé).

ETATS-UNIS (Montana)

Inclusions solides rencontrées : rutile, calcite, anorthite.

- **Rutile** : grains arrondis de 30 à 400 microns, brun-rouge, opaques ou translucides, à surface lisse et brillante.

- **Calcite** : cristaux de 20 à 200 microns, transparents à translucides, incolores à jaunâtres ; formes nettes ou arrondies avec, quelquefois, des faces clivées.

- **Anorthite** : cristaux de 20 à 100 microns, transparents à translucides, incolores ; formes arrondies ; associée à la calcite et souvent entouré de cassures, surtout pour les inclusions les plus grandes.

CAMEROUN (La Mounaya)

Cette localité produit de petits saphirs qui sont parfois d'excellente couleur.

Inclusions solides rencontrées : niobite, monazite, rutile.

- **Niobite** : cristaux de 30 à 800 microns, rouge sombre à noir, opaques ; formes nettes (prisme trapu ou allongé avec pyramide aiguë).

- Monazite : cristaux de 100 à 500 microns, vert pâle, translucides ; formes nettes (prisme à section rectangulaire avec extrémités un peu arrondies).

- **Rutile** : cristaux de 50 à 400 microns, noirs, opaques ; formes nettes ou arrondies.

FRANCE (le Coupet, Haute-Loire)

Bien que ce gisement de saphir soit de nos jours épuisé, il nous a semblé intéressant d'en étudier les inclusions afin de chercher à les reconnaître sur des bijoux moyenâgeux. Inclusions solides rencontrées : pyrrhotite, zircon, hdyroxydes de fer.

- **Pyrrhotite** : cristaux de 20 à 200 microns, éclat métallique doré ; formes très nettes, faces lisses et brillantes ; quelquefois partiellement altérée en hydroxydes de fer.

- **Zircon** : cristaux de 20 à 300 microns, incolores, transparents ; formes le plus souvent parfaites (prisme assez court, biterminé par deux pyramides), faces brillantes.

- **Hydroxydes de fer** : dépôts brun rouille, produits d'altération de la pyrrhotite.

Les inclusions dans les béryls

A la différence des corindons, certaines variétés de béryls (aigue-marine, morganite) sont relativement abondantes et il en résulte que l'on ne taille que celles qui sont d'une grande pureté. Donc, en l'absence d'inclusions discernables à un grossissement moyen (50 ou 80 x), leur authentification doit reposer sur d'autres procédés d'expertise.

L'authentification des variétés de couleur du béryl *autre que la variété émeraude* est encore facilitée aujourd'hui par le fait que l'on ne fabrique pas (pour le moment) de béryls artificiels imitant les aigues-marines, morganites et héliodores (béryls naturels bleus, roses et jaunes).

Il n'en est pas de même pour l'émeraude qui, en raison de sa plus grande rareté et de sa valeur, est imitée à l'aide de béryls artificiels de couleur vert foncé, obtenus par divers procédés de fabrication industrielle. Ce qui rend son authentification plus difficile que celle de bien d'autres gemmes. L'observation des inclusions dites "trois phases" est (encore) le principal élément d'expertise des émeraudes de Colombie. Pour les pierres provenant d'autres gisements, l'observation des inclusions solides demeure prépondérante et plusieurs spécialistes y ont déterminé (ou signalé) les inclusions suivantes : micas (lamelles à contours hexagonaux), amphiboles (baguettes ou aiguilles incolores ou verdâtres), chromite (cristaux noirs), pyrrhotite et pentlandite (grains brillants à éclat métallique), calcite (cristaux incolores rhomboédriques), pyrite (cristaux ou grains dorés à éclat matallique), molybdénite (lamelles ou cristaux hexagonaux gris à éclat métallique). *Mais il ne faut pas oublier* que certaines fabrications d'émeraude artificielle peuvent aussi contenir des inclusions *(phénacite :* cristaux de formes nettes et le plus souvent incolores).

En raison de l'abondance des travaux publiés sur les inclusions des émeraudes, nous ne les avons pas étudiées systématiquement et, devant la multiplication des techniques de fabrication des émeraudes synthétiques, nous avons préféré porter nos efforts sur la recherche d'un autre procédé d'expertise qui sera décrit plus loin.

Dans les aigues-marines, diverses inclusions ont été signalées : muscovite, feldspath, quartz, épidote, apatite, biotite. Les deux premières ont été déterminées par nous (Eppler, 1967) et nous les avons rencontrées depuis dans plusieurs autres cristaux.

- **Muscovite** : cristaux de quelques dizaines de microns, transparents, incolores ; formes nettes avec, souvent, plans de clivages.

- **Albite et orthoclase** : ces deux espèces sont quelquefois associées intimement en la même inclusion, incolores, transparentes à blanchâtres translucides ; formes nettes ou irrégulières (20 à 1 000 microns).

Les inclusions dans les grenats pyrope-almandin

Les grenats de la série pyrope-almandin (magnésium-fer) contiennent beaucoup d'inclusions :

a) disthène, zircon, diopside chromifère, trouvés dans les pyropes de Bohême (Bauer, 1966) ;

b) pentlandite, pyrrhotite, chalcopyrite, mackinavite, pyrite, marcasite, en inclusions sphéroïdales de 10 à 500 microns et goethite, trouvés dans divers pyropes-almandins africains à indice de réfraction de 1,74 à 1,76 (Schubnel, 1968) ;

c) pyrite, quartz, rutile, ilménite, apatite, zircon, biotite, trouvés dans des almandins (Gübelin, 1969).

Nous avons étudié depuis des grenats prélevés en place à Madagascar (région de Gogogogo, Sud Ouest de l'Île).

Inclusions solides rencontrées :

dans le pyrope-almandin provenant des pyroxéno-amphibolites :

- **Chloroapatite** : cristaux de 20 à 200 microns, transparents, incolores ; formes nettes (prismes hexagonaux biterminés) ou arrondies ;

dans l'almandin-pyrope provenant des gneiss riches en biotite[1], apatite (sans chlore), zircon, monazite et association de quartz, biotite et spinelle ferro-magnésien.

- **Apatite** : cristaux de 50 à 400 microns, transparents ou translucides, incolores ; formes nettes ou irrégulières.

- **Zircon** : grains de 50 à 200 microns, transparents, incolores, avec un relief fort et souvent environnés de cassures.

- **Monazite** : grains de 50 à 200 microns, transparents, incolores, avec un relief fort, souvent associée au zircon et comme lui environné de cassures.

---

(1) Ces grenats sont riches en fer (18 %) et ont un indice de réfraction de 1,79

- **Quartz, biotite, spinelle :** certaines espèces sont souvent associées en inclusions d'aspect hétérogène à contours déchiquetés ou anguleux (50 à 1 000 microns) et pouvant former une sorte de voile (vermiculations de quelques microns d'épaisseur logés dans des fractures plus ou moins cicatrisées du grenat).

Les inclusions dans les péridots

Il semble qu'il y ait de grandes variations dans la composition chimique des inclusions de spinelles chromo-ferro-magnésien rencontrées dans les péridots (certaines pierres peuvent contenir deux spinelles identiques en apparence mais de composition chimique différente).

- Les minéraux du groupe du spinelle : chromite, hercynite, etc, s'observent en octaèdres ou dodécaèdres réguliers, grains ou baguettes à contours arrondis (20 à 500 microns), opaques et noir plus ou moins brillant.

- Les inclusions de syncristallisations de sulfures de fer, nickel et cuivre sont sphéroïdales ou anguleuses (2 à 500 microns), avec un éclat métallique doré plus ou moins brillant. On ne peut pas, avec la lampe binoculaire (grossissement 6 à 40 fois), distinguer les divers sulfures qui les composent : pentlandite, pyrrhotite, chalcopyrite, bornite, millérite, chalcopyrrhotite. Les grandes inclusions sont entourées de cassures, les petites groupées sous forme "de voile".

- La goethite est quelquefois observée en dépôts brun-rouille provenant de l'altération des sulfures (pyrrhotite surtout).

- Le diopside s'observe parfois en cristaux vert vif de 50 à 300 microns ; formes nettes ou légèrement arrondies.

Les inclusions dans les spinelles

Les spinelles artificiels étant obtenus facilement par le procédé Verneuil, l'observation des inclusions solides est très utile pour authentifier les spinelles naturels. Les inclusions rencontrées le plus souvent sont :

- **Chloroapatite** : cristaux de 50 à 2 000 microns, transparents à translucides, incolores ; formes nettes (prisme hexagonal avec modifications aux deux sommets) ou arrondies, avec faces lisses à granuleuses.

- **Spinelle** : inclusions de composition légèrement différente de celle de la gemme matrice ; le plus souvent groupée en voile d'octaèdres minuscules (5 à 50 microns), transparents, incolores ou faiblement colorés, ou se présentant en octaèdre isolé de plus grande dimension. D'autres espèces sont signalées par divers auteurs (calcite, dolomite, mica, etc).

Parmi les inclusions déterminées dans d'autres gemmes, signalons encore dans le zircon de Païlin la magnétite : octaèdre noir brillant, de 300-400 microns, partiellement transformé en maghémite et hématite (martitisation sur les bords de l'octaèdre). Et dans l'orthoclase jaune de Madagascar, la titanite : cristaux de 300 à 500 microns, transparents, jaune vif à faces brillantes, formes nettes ou arrondies avec cassures parallèles intérieures (ou plans de clivages).

-o-

GEOCHIMIE DES INCLUSIONS DANS LES CORINDONS GEMMES

Lors de nos analyses d'inclusions au micro-analyseur à sonde électronique du B.R.G.M., nous avons obtenu un certain nombre de données géochimiques, et nous avons établi que la plupart des métaux et métalloïdes décelés lors d'analyses "d'éléments en traces" dans les corindons étaient surtout localisés dans leurs inclusions. Le nombre des éléments décelés qualitativement ou dosés comme éléments majeurs dans les inclusions est assez important :

N° ATOMIQUE	ELEMENT		N° ATOMIQUE	ELEMENT	
6	Carbone	C	30	Zinc	Zn
8	Oxygène	O	39	Yttrium	Y
11	Sodium	Na	40	Zirconium	Zr
12	Magnésium	Mg	41	Niobium	Nb
13	Aluminium	Al	57	Lanthane	La
14	Silicium	Si	58	Cérium	Ce
15	Phosphore	P	59	Praséodyme	Pr
16	Soufre	S	60	Néodyme	Nd
17	Chlore	Cl	62	Samarium	Sm
19	Potassium	K	64	Gadolinium	Gd
20	Calcium	Ca	66	Dysprosium	Dy
22	Titane	Ti	67	Holmium	Ho
24	Chrome	Cr	68	Erbium	Er
25	Manganèse	Mn	72	Hafnium	Hf
26	Fer	Fe	73	Tantale	Ta
27	Cobalt	Co	90	Thorium	Th
28	Nickel	Ni	92	Uranium	U
29	Cuivre	Cu			

L'oxygène et l'aluminium formant le corindon (α Al_2O_3) sont présents dans les inclusions de silicates. Le carbone n'a été caractérisé que dans la calcite. Les cobalt[(1)], nickel[(1)], cuivre, zinc n'ont été rencontrés que dans les sulfures ; le manganèse dans la niobite.

---

(1) A l'état de traces dans les inclusions de sulfures de fer.

Le fer souvent décelé dans les inclusions comme élément majeur, est à l'état de traces non dosables dans le corindon lui-même ; il en est de même pour le titane. Le chrome est à peine décelé dans les rubis et nous n'avons pas rencontré jusqu'à présent d'inclusions contenant cet élément comme constituant majeur.

I - MINERAUX PORTEURS DE QUELQUES ELEMENTS EN TRACES DECELES DANS DES SAPHIRS ET LOCALISES DANS DES INCLUSIONS SOLIDES

N° TOMIQUE	ELEMENT	Minéral porteur à MOGOK (Birmanie)	PAILIN (Cambodge)	LA MOUNAYA (Cameroun)	ANAKIE (Australie)	INVEREL (Australie)
92	uranium	-	pyrochlore	-	-	pyrochlore
90	thorium	britholite	thorite	-	britholite	thorite
73	tantale	fergusonite	pyrochlore et niobite	niobite	-	pyrochlore
72	hafnium	zircon	zircon	-	-	zircon
68	erbium	fergusonite	-	-	-	-
67	holmium	fergusonite	-	-	-	-
66	dysprosium	britholite	-	-	-	-
64	gadolinium	fergusonite	-	monazite	-	-
62	samarium	et monazite	-		-	-
60	néodyme		-		britholite	
59	praséodyme	britholite	-	monazite	-	thorite
58	cérium	et monazite	thorite		britholite	
57	lanthane		-		britholite	
41	niobium	fergusonite	pyrochlore et niobite	niobite	-	pyrochlore
39	yttrium	fergusonite	-	-	-	-
17	chlore	apatite	-	-	-	-
15	phosphore	apatite monazite britholite	thorite	monozite	britholite	thorite

II - ANALYSES QUALITATIVES ET SEMI-QUANTITATIVES DE SILICO-PHOSPHATES DE THORIUM ET TERRES RARES EN INCLUSION DANS DES SAPHIRS

IMPORTANCES DES PICS SUR LES ENREGISTREMENTS DE SPECTRES	THORITE		BRITHOLITE	
	CAMBODGE (Païlin) n° 20 747	AUSTRALIE (Inverel) n° 21 234	AUSTRALIE (Anakie) n° 21 083	BIRMANIE (Mogok) n° 21 078
Silicium	très fort	très fort	très fort	moyen
Phosphore	fort	-	très fort	très fort
Lanthane	-	faible	fort	fort
Cérium	fort	moyen	très fort	très fort
Praséodyme	-	très faible	-	faible
Néodyme (1)	-	moyen	fort	fort
Samarium	-	-	-	faible
Gadolinium	-	-	-	faible
Dysprosium	-	-	-	faible
Thorium	très fort	très fort	très fort	très fort
Eléments dosés :				
SiO_2	14,5 %	13 %	6,5 %	2 %
P_2O_5	2	-	11,5	14,5
La_2O_3	-	-	5,5	8,5
CeO_2	2	-	13,5	22
ThO_2	70	68,5	32,5	14,5
Indices de réfraction déduits des pouvoirs réflecteurs : (N)	N : plus bas que celui du zircon associé et plus élevé que celui du saphir qui les englobe.	N = 1,82	N = 1,823	N = 1,826

(1) *Le néodyme semble prépondérant sur le lanthane, mais n'a pas pu être dosé.*

III - ANALYSES SEMI-QUANTITATIVES DE PYROCHLORES A URANIUM EN INCLUSIONS DANS LES SAPHIRS DU SUD EST ASIATIQUE

Ce minéral étant "zoné", la teneur de certains éléments varie dans la même inclusion, ce qui n'autorise que des résultats semi-quantitatifs (quatre inclusions testées).

Sodium	présent
CaO	4 à 10 %
TiO_2	≃ 4 %
Fe_2O_3	≃ 0,5 %
Nb_2O_5	32 à 37 %
Ta_2O_5	2 à 6 %
Thorium	présent
UO_2	22 à 25 %

Recherchés qualitativement, les silicium, zirconium, manganèse et lanthane n'ont pas été décelés, on remarquera le fort pourcentage d'uranium, et la prédominance du niobium sur le tantale[1].

La zonation est confirmée par de nettes variations de pouvoirs réflecteurs d'une région à l'autre de la même inclusion qui peut se présenter en petit monocristal de forme régulière avec des faces lisses et brillantes et tout à fait dépourvu de ce qu'on appelle "l'auréole radioactive" et qui ne sont, en fait, que des fissures ou auréoles d'éclatement surtout observées dans les corindons autour des inclusions les plus grandes.

---

(1) Egalement constatée lors des analyses de niobites.

IV - COMPOSITION CHIMIQUE DE PHLOGOPITE EN INCLUSION DANS LES SAPHIRS (micro-analyseur à sonde électronique, B.R.G.M.)

	BIRMANIE (MOGOK) N° 21 070	CEYLAN N° 19 676	CEYLAN (RATNAPURA) N° H-10
Na_2O	0,5 %	(négatif)	-
MgO	22,5	30,5 %	31 %
Al_2O_3	22	17,5	19
SiO_2	36,5	38,5	40
K_2O	11	9	9
TiO_2	-	0,5	1
Fe_2O_3	8,5	2	2
	101	98 + manganèse décelé qualitativement	102
Indice de réfraction déduit du pouvoir réflecteur N = 1,606		-	-

V - COMPOSITION CHIMIQUE DE PLAGIOCLASE ET NEPHELINE, ASSOCIEES EN INCLUSION DANS UN RUBIS DE PAILIN (CAMBODGE)

	ECH. N° 20 738	
	PLAGIOCLASE	NEPHELINE
Na_2O	7 %	18 %
MgO	(présent qualit.)	-
Al_2O_3	23	35
SiO_2	62	41
K_2O	(présent qualit.)	2,5
CaO	7	5,5
	99	102
Indice de réfraction déduit des pouvoirs réflecteurs		
	N = 1,578	N = 1,544

V - AUTRES OBSERVATIONS

Sulfure non déterminé dans un diamant

Examen optique : anisotrope et homogène (fort grossissement)

ANALYSE QUANTITATIVE	
Soufre	44 %
Fer	33,2 %
Nickel	22 %
Cobalt	0,5 %
Cuivre	0,2 %

Zones colorées d'un saphir

Lors de nos essais nous avons recherché si les bandes de couleurs dans les corindons coïncident avec une concentration locale d'éléments tels que le fer ou le titane, la traversée de zones incolores alternant avec des zones fortement colorées n'a pas montré de variation apparente dans la répartition de ces deux éléments décelés à l'état de traces (peut-être par manque de sensibilité des appareils actuels).

II - ETUDE DES DEFAUTS DE CRISTALLISATION DE QUELQUES BERYLS ET CORINDONS GEMMES NATURELS ET ARTIFICIELS

-o-

L'un des problèmes majeurs posés par la technique à la gemmologie classique est incontestablement la fabrication sans cesse améliorée des cristaux synthétiques. Les défauts visibles à la loupe et au microscope permettent le plus souvent de différencier gemmes naturelles et gemmes artificielles mais la multiplication et l'évolution des techniques de fabrication de l'industrie chimique rendent cette différenciation de plus en plus difficile, sinon problématique.

On admettra sans peine que les conditions de synthèse de laboratoir sont infiniment plus simples que les conditions de formation naturelle au sein de la croûte terrestre. Les phénomènes naturels sont autrement plus complexes et variés en raison des équilibres température-pression qui sont variables ; des différenciations qui s'opèrent au sein des magmas et des solutions ; du chimisme fluctuant et quelquefois très compliqué intervenant au cours de la cristallisation (ce qui entraîne que les gemmes contiennent souvent des inclusions variées qui sont actuellement la meilleure preuve de leur authenticité).

N'oublions pas non plus qu'au cours des temps géologiques ont pu intervenir un certain nombre d'accidents tectoniques et d'altérations des roches-mères désagrégées en surface, modifiées par le métamorphisme ou digérées par des intrusions magmatiques avec libération des cristaux gemmes les plus résistants qui ont pu être transportés vers la surface et plus ou moins corrodés ou fracturés dans les roches en fusion.

Lorsque l'on se rend compte du nombre de contraintes auquel la plupart des cristaux ont été soumis dans la croûte terrestre pendant des milliers d'années, on comprend pleinement qu'un cristal synthétique simplemen produit dans un creuset ou grossi sur germe en autoclave ne puisse être la véritable réplique d'une gemme naturelle. C'est pourquoi nous avons cherché

un moyen de les distinguer de façon nette. La méthode retenue nous a permis de mettre en évidence les différences entre la cristallisation des minéraux naturels et celle de leurs homologues industriels et dont on a trop abusivement prétendu qu'ils étaient en tout point semblables aux minéraux naturels. C'est la méthode des topographies aux rayons X par transmission, ou méthode de Lang, qui permet de voir les déformations provoquées par les défauts de croissance cristalline. Ces études comparatives sont applicables aux gemmes taillées car le poli obtenu par les lapidaires donne en général un état de surface permettant l'examen topographique aux rayons X (Schubnel et Zarka, 1970).

LES DEFAUTS DANS LES CRISTAUX

Dans la nature, on ne rencontre jamais de cristaux parfaits Même ceux qui se rapprochent des modèles théoriques contiennent toujours des défauts dont les plus importants, les défauts ponctuels, communiquent aux cristaux certaines propriétés particulières (possibilité de réactions chimiques entre solides, centre de couleur, luminescence, etc).

Les divers types de défauts sont classés suivant les dimensions de l'espace qu'ils occupent et l'on distingue ainsi des défauts à 0, 1, 2 et 3 dimensions :

a - défauts à 0 dimension (appelés ainsi parce qu'ils sont infiniment petits, égaux ou inférieurs aux distances inter-atomiques des structures dans lesquelles ils sont contenus). Ces défauts dits ponctuels sont de nature ionique (lacunes, intersticiels, atomes d'impureté, etc) ou électronique (trous positifs, électrons...) ;

b - défauts à 1 dimension ou linéaires ; il s'agit essentiellement de dislocations dont deux dimensions sont petites et la troisième grande ;

c - défauts à 2 dimensions, parmi lesquels on rencontre les sous-joints, joints de grains, fautes d'empilement, surfaces de macle et zonations ;

d - défauts à 3 dimensions, qui comprennent les précipités, les composés à plusieurs phases, les diverses contraintes élastiques d'origine interne et externe ainsi que les oscillations dues à l'agitation thermique.

Préparation des échantillons

Les échantillons ont tout d'abord été taillés en lames parallèles de 1,5 millimètre d'épaisseur suivant les techniques de polissage employées par les lapidaires. Les premiers clichés effectués nous ayant montré que ce polissage donnait un état de surface très satisfaisant (face d'entrée), on a ensuite effectué une topographie sur une pierre rectangulaire taillée à facettes pour voir si cette méthode serait applicable à des fins d'expertise, pour confirmer le mode de formation naturel ou artificiel de certaines pierres taillées. D'autres topographies ont été effectuées sur des cristaux bruts aux faces lisses et des lames taillées de 5 millimètres d'épaisseur.

I - Topographies de béryls
(émeraudes naturelles et artificielles)

Echantillons étudiés :

Emeraude de Muzo (Colombie)
- lame aplatie taillée suivant c (0001)
- cristal hexagonal allongé : m ($10\bar{1}0$) ; c (0001).

Emeraude artificielle fabrication Chatam (méthode du flux)
- lame aplatie taillée suivant c (0001)
- lame épaisse taillée suivant c
- cristal hexagonal allongé : m ($10\bar{1}0$) ; c (0001).

Emeraude artificielle fabrication Linde (méthode hydrothermale)
- pierre taillée à facettes.

Emeraude artificielle fabrication Gilson (méthode du flux)
- lame aplatie taillée suivant c (0001).

Les plans réflecteurs utilisés pour les meilleures topographies correspondaient à :

d Å	$1/L_1$	h k l	θ Mo $K\alpha_1$
3,99	45	2 0 0	5° 6'
2,867	100	2 1 1	7° 8'

a - Emeraudes naturelles

Plusieurs cristaux et lamelles taillées d'émeraude de Muzo (Colombie) ont été étudiés.

Sur les topographies de lamelles taillées perpendiculairement à l'axe sénaire (c) d'un cristal, on remarque des zonations suivant les directions *a* qui semblent liées aux spirales de croissance. Les gradins sont nettement visibles et doivent être le résultat de désorientations assez fortes provoquées à chaque reprise de croissance et très probablement dues à des décorations d'impuretés lors de chaque fluctuations de la cristallisation.

Sur les topographies prises dans un cristal prismatique, on distingue des lignes parallèles à l'axe sénaire (c). Ces lignes correspondent aux zonations parallèles aux faces du prisme et ont été rencontrées dans tous les cristaux d'émeraude naturelle (Muzo) que nous avons étudiés.

b - Emeraudes artificielles

Cristaux fabriqués par Chatam

Leurs topographies sont très différentes de celles des émeraudes naturelles. Des gerbes de dislocations partent de la base des cristaux. Les traces horizontales visibles dans la partie supérieure sont probablement dues à des décorations. Quelquefois, une ligne d'inclusions secondaires et un petit cristal de phénacite, bien visibles entre nicols

croisés, ne provoquent pas de désorientations notables. La topographie d'une section de cristal située en dehors de la région comprenant une inclusion de phénacite et une ligne d'inclusions secondaires montre avec plus de netteté les gerbes de dislocations. On retrouve sur les topographies de lamelles taillées suivant "c" la trace des dislocations qui apparaissent, surtout dans leur région centrale, en lignes perpendiculaires aux faces de croissance. Les zones de croissance sont assez régulièrement concentriques et épousent la forme extérieure du cristal, ce qui n'était pas particulièrement le cas pour les zonations observées dans les quelques émeraudes naturelles étudiées.

Cristaux fabriqués par Linde

Pour ce type de fabrication, nous avons pensé qu'en raison de sa limpidité optique nous pouvions utiliser une pierre taillée à facette exempte de défauts visibles. La topographie obtenue montre qu'il n'en est pas de même en ce qui concerne sa perfection cristalline. L'ensemble de la pierre contient une forte densité de dislocations parallèles. Nous supposons qu'elles ont une direction qui devait être perpendiculaire au germe, comme c'est presque toujours le cas pour les croissances en solution (le germe n'est généralement pas visible car on l'élimine lors de la taille pour masquer toutes traces de fabrication). La ligne qui traverse la pierre de bas en haut montre une paroi entre deux sous-grains de croissance ; les zones claires indiquent la présence d'autres sous-grains (voir figures).

Cristaux fabriqués par Gilson

La lamelle étudiée provient de l'extrémité d'un cristal limpide. Sa topographie montre une mosaïque de grains juxtaposés et désorientés les uns par rapport aux autres, et dont les parois contiennent beaucoup de dislocations. La présence de sous-grains s'explique par des tensions internes très fortes.

II - Topographies de corindons (corindons naturels et artificiels)

Echantillons étudiés :

Corindon incolore de Ceylan
- lame aplatie taillée suivant c (0001)

Saphir de Païlin, Cambodge (bleu foncé avec zone centrale incolore de forme triangulaire)
- lame épaisse taillée suivant c (0001)

Saphir d'Anakie, Australie (bleu-vert foncé avec zones triangulaires jaune clair)
- lame aplatie taillée suivant c (0001).

Les plans réflecteurs utilisés pour les meilleures topographies correspondaient à :

d Å	I/L_1	h k l	θ Mo $K\alpha_1$
2,552	90	1 0 4	8°
2,379	40	1 1 0	8° 30'.

Ces topographies de corindons naturels seront comparées à quatre topographies de corindons artificiels déjà publiées par A. Authier et M. Sauvage en 1970 et effectuées sur des lamelles dont l'épaisseur variait de 0,5 à 2 millimètres. Les cristaux artificiels étudiés par ces auteurs avaient été fabriqués suivant quatre méthodes :

- Méthode de Verneuil
- Méthode de fusion de zone
- Méthode de Czochralski (tirage à très haute température)
- Méthode du flux.

Il convient d'ajouter deux topographies de rubis et saphir rose cristallisés en milieu hydrothermal sur une plaque mince taillée dans un autre corindon artificiel obtenu par la méthode Verneuil, et que nous avons interprétées récemment (Schubnel et Zarka, 1971).

a - Corindons naturels

Corindon incolore de Ceylan

On peut voir, sur les topographies des lamelles perpendiculaires à l'axe ternaire, le contour de quelques cavités (inclusions dites "négatives") et la présence de bandes de croissance, de dislocations, et d'une zone triangulaire qui, géométriquement, ne correspond pas aux zonations normales engendrées par les fluctuations de la croissance. Cette zone triangulaire correspond à un plan 0001 recoupé par les trois faces du rhomboèdre r $10\bar{1}1$.

Saphir bleu foncé de Païlin

La lamelle épaisse, résultat du polissage des deux faces opposées d'un cristal tabulaire, montre au microscope une zone centrale incolore en forme de triangle et une petite inclusion de pyrochlore à uranium, entourée d'un voile d'inclusions secondaires (cavités) en forme d'anneau. Sa topographie permet de constater qu'il existe, à la limite de cette zone triangulaire incolore et de la large zone périphérique bleu foncé, de minces régions désorientées qu'il n'est pas possible d'interpréter comme bandes de croissances. Il est possible, par contre, en raison de la symétrie de la répartition des atomes d'aluminium dans la structure du corindon, de penser que ces désorientations sont provoquées par la présence d'impuretés responsable de la couleur des saphirs (fer, titane, etc), et qui formeraient des plans de substitution correspondant aux zones de coloration suivant les faces du rhomboèdre apparent r $10\bar{1}1$. On peut également distinguer des gerbes de dislocations dans le plan c, et remarquer que l'inclusion de pyrochlore à uranium et son entourage de cavités secondaires ne provoquent pas de désorientations notables.

Saphir bleu-vert d'Anakie

La topographie d'une lamelle taillée perpendiculairement à l'axe c met en évidence des gerbes de dislocations, des zones de désorientations correspondant aux zones de coloration triangulaires, ainsi que des bandes de croissance parallèles aux faces du cristal. L'absence de bandes horizontales sur les clichés est due aux plans réflecteurs utilisés, elles apparaissent lorsqu'on choisit un autre groupe de plans réflecteurs.

b - Corindons artificiels

Les cristaux de saphirs et rubis artificiels étudiés ont été obtenus suivant cinq méthodes :

Méthode Verneuil : la topographie met en évidence des parois de sous-joints et un contour de Bragg. Le cristal contient de fortes contraintes et de fortes déformations qui se rencontrent généralement dans les cristaux artificiels de ce type de fabrication (les déformations sont de l'ordre de plusieurs minutes d'arc).

Méthode de fusion de zone : on y distingue des ségrégations d'impuretés parallèlement au front de croissance, des désorientations notables et une grande densité de dislocations.

Méthode de Czochralski : les lames taillées dans les barreaux monocristallins sont de qualité cristalline très homogène avec une densité de dislocation variant de $10^{3}/cm^{2}$ à $10^{5}/cm^{2}$ selon les endroits.

Méthode de flux : la densité des dislocations est faible. On peut remarquer que les différents secteurs de croissance rayonnant à partir du germe sont soulignés par un contraste le long de chaque front de croissance, ce qui semblerait indiquer que celle-ci a été irrégulière en raison de légères variations dans la composition du bain.

Méthode hydrothermale : comme pour les autres croissances hydrothermales à partir de germe (Lafaucheux, 1970), les topographies de rubis et corindon incolore obtenus par voie hydrothermale montrent des dislocations perpendiculaires au germe. On observe également des désorientations provoquées par la présence de groupements d'inclusions secondaires contenant des fluides.

CONCLUSIONS

L'authentification de certaines pierres sans défauts visibles à la loupe binoculaire est parfois très difficile, et ne repose, en général, que sur de faibles écarts de densité ou d'indices de réfraction et, quelquefois sur des examens spectroscopiques pas toujours convaincants. Les grandes différences de qualité cristalline mises en évidence par la méthode des topographies aux rayons X font qu'elle pourrait être un moyen de dépister les cristaux de béryls et corindons artificiels (et peut-être même de diamant artificiel[1], spinelle artificiel, etc.) taillés pour imiter les pierres précieuses[2]. La méthode de Lang est assez compliquée sous sa forme actuelle adaptée aux laboratoires de recherche fondamentale, elle offre cependant l'avantage de n'être absolument pas destructive et de différencier les pierres naturelles des artificielles, ainsi que les divers types de fabrication de ces dernières.

---

(1) Les diamants synthétiques limpides (5 à 6 mm) fabriqués par la General Electric ont déjà subi des essais de taille mais ne sont pas commercialisés (janvier 1972).

(2) Diamant, rubis, saphir, émeraude naturels trouvés dans les mines.

- B I B L I O G R A P H I E -

I - OUVRAGES GENERAUX DE GEMMOLOGIE

ANDERSON B.W. (1964) - Gem Testing.
Heywood, Londres.

CAVENAGO-BIGNAMI S. (1965) - Gemmologie.
Hoepli, Milano.

CHALMERS (1967) - Australian Rocks, minerals and gemstones.
Angus et Robertson, Sydney.

GÜBELIN E. (1968) - Die edelsteine der insel Ceylan.
Alle Rechte Vorbehalten.

HATEM Simone (1956) - L'empire des perles et des pierres précieuses.
Ed. Plon, Paris.

HERBERT Smith G.F. (1958) - Gemstones.
Methuen & C° ltd, London.

HERMANN Félix (1949) - Les gemmes et les perles dans le monde.
Payot, Paris.

Mac IVER J.R. (1966) - Gems minerals and Rocks in Southern Africa.
Ed. Mac Donald . Condon.

SCHUBNEL Henri-Jean (1968) - Les pierres précieuses. P.U.F.

SCHUBNEL Henri-Jean (1968) - Pierres précieuses, gemmes et pierres dures.
Grange Batelière.

SCHUBNEL Henri-Jean (1969) - Carte des principaux gisements mondiaux de pierres précieuses et autres gemmes.
Edit. B.R.G.M.

WEBSTER R. (1970) - Gems. 2ème édition.
Ed. Butterworths (Londres).

II - OUVRAGES SPECIALISES ET ARTICLES

ADAMS Frank D. (1926) - A Visit to the Gem District of Ceylan and Burma
Canadian inst. of min. and metal., vol. XXIX,
p. 1 à 34.

AITKENS Irène - U.S. Bureau of Mines. Informations circular.

Emeralds	ic 6 459 july 1931.
Quartz gem stones	ic 6 561 march 1932.
Feldspar gems	ic 6 533 november 1931.
Tourmaline	ic 6 539 november 1931.
Topaz	ic 6 502 september 1931.
Opals	ic 6 493 september 1931.
Turquoise	ic 6 491 september 1931.
Rubies and Sapphires	ic 6 471 august 1931.

AUTHIER et SAUVAGE (1970) - Caractérisation par topographie aux rayons X de la qualité de cristaux de corindons artificiels.
Rev. int. Hautes tempér. et réfract., t. 7, pp. 94-99.

BAKUMENKO I.T. - Topaz from Bayan-Aul pegmatite.,
Novosibirsk izdat "NAUKA", tome 4, academy of sciences of U.R.S.S., Siberian Branch Transaction of the institute of Geology and Geophysics.

BALL Sydney H. (1931) - Economic Geology. The geologic and geographic occurence of precious stones, n° 17, p. 575-601.

BALL Sydney H. (1931) - Economic Geology. Historical Notes on Gem mining, n° 26, p. 681-738.

BALL Sydeney H. (1935) - Economic Geology. A historical study of precious stone. Valuation and prices, n° 30, p. 630-642.

BALL Sydney H. (1949) - Precious stones (chap. 35) industrial minerals and Rocks. The american institute of mining and metallurgical engineers (N.Y.).

BANK Hermann (1960) - Smaragdvorkommen in Kolumbien.
Zeitschrift Deuts. Gesell. Edelst. Heft 34.

BANK Hermann (1964) - Smaragdvorkommen in Südrhodesien.
Zeitschrift Deuts. Gesell. Edelst. Heft 48.

BARDET M. (1965) - Les gisements de diamant d'U.R.S.S. Chronique des mines et de la recherche minière, n° 345-346-347.

BARDET M. (1967) - Gisements de diamant du Sud Ouest de l'Afrique.
Rapport B.R.G.M., juin 1967.

BARDET M. (1967) - Finsch, la plus récente mine de diamant du monde.
Bull. ass. française de Gemmologie, n° 13.

BARRIE J., KALIX Z. et J. - Gemstones. Mineral resources of Australia.
Summary report n° 43.
Dept. of National Development.

M. V. Von BERNEWITZ and Frank HESS (1940) - Cutting and polishing stones.
Bureau of mines, information circular, I.C. 7107,
april 1940.

BERTOSSA (1967) - Inventaire des minéraux du Rwanda.
Bulletin du service géologique, n° 4, 1967-1968.

BESAIRIE Henri (1966) - Pierres précieuses, semi précieuses, d'ornementations industrielles.
"Les ressources minérales de Madagascar".

BRAGG (Sir Lawrence) (1958) - Gemstones.
Proc. r. inst. G.B., 37, n° 165.

BOOYSEN B. (1959) - Pegmatites : Hints to prospectors.
Geological survey. Information pamphlet n° 6.

CASSEDANNE J. (1968) - L'opale au Brésil.
Bull. assoc. Franc. gemmologie, n° 16.

CASSEDANNE J. (1971) - Le quartz au Brésil.
Bull. assoc. Franc. gemmologie, n° 27 et 28.

CASSEDANNE J. (1971) - Les diamants de Diamantina (Minas Gerais, Brésil).
Bull. assoc. Franc. gemmologie, n° 29.

CEYLAN - Mineral resources (1967).
De Silva : acting director, National Museums, Ceylan.

CHALMERS R.O. (1969) - A New occurence of precious opal of volcanic origin Near Mullumbimby, New South Wales.
The australian Gemmologist, vol. 10, may 1969.

CLABAUGH Stephen E. (1952) - Corundum Deposits of Montana.
Geological survey, Bull. 983.

DEICHA Georges (1964) - Ultramicroscopie pétrographique : le rutile du quartz des granites.
Bull. soc. géol. de France, VI, p. 181-187.

DEICHA Georges (1966) - La nucléation hétérogène des édifices polycristallins.
n° 128, Sixth international congress for electron microscopy Kyoto, p. 481.

DEICHA Georges (1969) - Les microfissures de dynamométamorphisme et leur oblitération.
C.R. Soc. géol. de France, Fascicule 3, 17 mars 1969.

DE KUN (1965) - Semi-precious stones.
The mineral ressources of Africa.

DESAUTELS P. (1965) - Gems in the Smithsonian institution.
Washington D.C.

EPPLER W.F. (1967) - Le mica dans l'aigue-marine.
Bull. assoc. Franç. Gemmologie, n° 13.

FEININGER Thomas (1970) - Emerald Mining in Colombia : History and Geology.
The mineralogical Record, Winter.

FERNANDO L.J.D. (1964) - Gemstone from Ceylan.
Ceylan geographer, 18, n° 1-4.

FILLEAU de Saint-Hilaire G. (1915 à 1918) - Le district minier de Pailin et l'exploitation de ses gisements de saphirs (rapport Cambodge).

FORESTIER F. et LAZNIER B. (1969) - Découverte de niveaux d'amphibolites à pargasite, anorthite, corindon et saphirine dans les schistes cristallins de la vallée du Haut-Allier.
Contr. Mineral and Petrol. 23, 194-235.

GOLDSCHMIDT V.M. (1958) - Geochemistry.
Clarendon press., Oxford.

GOVRLAY A.J. et NOAKES L.C. (1970) - Developments in the Australian opal industry.
Aust. Mineral. industry., vol. 23, n° 1.

GRIFFON J.C., KREMER M.R. et MISI A. (1967) - Estudo génético e estrutural da jazida de esmeraldas de Carnaiba (Bahia).
An. Acad. bras. crencias., vol. 39, n° 1, Rio de Janeiro.

GRIGOROVICH (1968) - Bases d'évaluation des gîtes de pierres ornementales.
Razvedka 1, Okhrana, Nedr. SSSR, n° 12.

GÜBELIN E. (1965) - Die lagerstätten der Rubine und saphire Thailands.
Z.D.G.E., n° 53.

GÜBELIN E. (1969) - On the Nature of mineral inclusions in Gemstones.
The journal of gemmologie, vol. II, n° 5, january 1969.

GUILLEMIN Claude (1964) - En visitant les grandes collections minéralogiques mondiales.
Ed. B.R.G.M.

HARRIS J. (1969) - Syngenetic Mineral inclusions in diamond as identified by X-Ray analysis, vol. n° 7.
The journal of Gemmology, july 1969.

Records of the geological Survey in India (1968) - Vol. 98, part 1 (partiel).

Informations circular, Dept of commerce - U.S. Bureau of Mines.
Voir : Youngman, Petar, Bertewitz and Hess, Tyler, Aitkens.

IYER L.A.N. (1953) - The geology and Gemstones of the Mogok Stone Tract Burma.
Memoirs of the Geological Survey of India, vol. 82 (Calcutta).

JAHNS Richard H. (1960) - Gem Stones and Allied Materials industrial Minerals and Rocks.
The American Institute of mining Mettalurgical and Petroleum engineers (N.Y.).

JOÃO Ernesto de Souza Campos (1960) - Safiras do rio Coxim, Mato Grosso.
Gemmologia, n° 21.

KOMAROV O.P. et PARSHIN A.V. (1963) - L'émeraude du Kazakhstan.
Akad. Nauk. Kaz. SSR. Trudy, vol 7, inst. Geol. Nauk., p. 327.

KRISHNAN M.S. (1951) - Mineral resources of Madras.
Memoirs of the Geological survey of India, vol. 80.

KULLERUD G. and YODER H.S. (1959) - Pyrite stability relation in the F-S System. Economic Geology, vol. 54, n° 4.

KUNZ G.F. (1900) - The Prod of Precious stones in United States.
United States Geol. Survey, Washington.

KUNZ G.F. (1919) - The production of precious stones For the year 1918.
Mineral industry, vol. XXVII (N.Y.).

KUNZ G.F. (1901) - Gems and precious stones of Mexico.
Transaction of the American institute of mining engineers

LACOMBE P. (1967) - Le massif basaltique de Ratanakiri (Cambodge) et ses gisements de zircons-gemmes ...
Thèse, série DI 37, Clermont-Ferrand, Fac. des Sciences.

LACROIX Alfred (1922) - Gemmes, pierres d'ornementation, pierres d'industrie.
Chap. III, Mineralogie de Madagascar, tome II.

LACROIX Alfred (1935) - Les pierres précieuses, pages 267-324.
Les ressources minérales de la France d'Outre-mer, tome II

LACROIX Alfred (1942) - Les péridotites de la Nouvelle-Calédonie.
4ème partie ethnologie (objets en Jade).
Mémoire de l'Ac. des Sci., t. 66.

LACROIX Alfred (1930) - La jadeite de Birmanie : les roches qu'elles constituent ...
Bull. Soc. Fr. Min., tome 53, p. 216-254.

Mac LEOD I.R. (1965) - The mineral Deposits.
Australian Mineral industry.

MARTIN H.J. (1962) - Some observations on southern Rhodesian emeralds and chrysoberyl.
Chamber of Mines journal, october 1962.

MEHER D.N. Wadia (1966) - Mineral of India.
National Book Trust, India.

MEYER H.O.A. (1968) - Chrome pyrope : An inclusion in Natural Diamond.
Science 28 june 1968, vol. 160, p. 1446-1447.

MEYER H.O.A. (1970) - Géochimie des inclusions minérales dans les diamants naturels.
Bull. assoc. Franc. Gemmologie, n° 22.

MINERAL TRADE NOTE (mensuel, Bureau of mines, 1960 à 1970).

MULLET Clément (1868) - Essai sur la minéralogie arabe.
Journal asiatique, tome XI.

OPPENHEIM Victor (1948) - The Muzo emerald zone Colombia, S.A.
Economic Geology, vol. 43, n° 1.

PELISSONNIER H. (1965) - Le problème de la concentration naturelle des substances minérales.
Annales des Mines, décembre 1965.

PETAR Alice V. (1934) - Amber. Bureau of Mines, information circular.
June 1934, i.c. 6789.

PETAR Alice V. (1936) - Jade. Bureau of Mines, information circular.
January 1936, i.c. 6844.

PETKOF Benjamin (1965) - Mineral Facts and problems.
Bull. 630, US Bureau of Mines.

PIAT D. (1965) - Quelques mines de Corindon en Thaïlande.
Bull. assoc. Franç. de Gemmologie, n° 4.

POPUGAEVA L.A. (1968) - Les pierres fines de Yakoutie.
Razvedka i. Okhrana. Nedr. SSSR. 1968/12, t. 34, n° 12, p. 8-10.

REPORT ANNUEL - Mining in Southern Rhodésia.
1960-1961-1962-1963-1964 ...

RESTREPO Hermann A. (1959) - Reconocimiento de las Minas de Esmeraldas de Muzo.
Boletin. Geologico, vol. VII, Dec. 1959.

RUTLAND E.H.(1969) - Corundum from Malawi. Journ. of Gemm., vol. 11, n° 8.

SAROFIN E. (1970) - Gem Rich Tanzania.
Lapidary journal, juin 1970.

SAURIN E. (1944) - Les gisements indochinois de pierres précieuses. Notes et études.
Bull. indochinois. des mines et de l'industrie, mars-avril, n° 3 et 4.

SCHLEGEL Dorothy M. (1957) - Gem stones of the United States.
Geological survey, bull. 1042-G.

SCHUBNEL Henri-Jean (1968) - Die natur der Einschlüsse in Schwarzen sterndiopsid.
Goldschmiede zeitung, Stuttgart.

SCHUBNEL Henri-Jean (1968) - Les inclusions solides des gemmes.
12ème conférence internationale de gemmologie,
Stockholm.

SCHUBNEL Henri-Jean et ZARKA A. (1971) - X-ray Topography of a Natural Emerald and Synthetic Emerald.
The journal of gemmology, vol. 12, n° 7, july 1971.

SCHUBNEL Henri-Jean et ZARKA A. (1971) - Etude des défauts de cristallisation de quelques béryl et corindons gemmes naturels et artificiels. Symposium international de Prague, sept. 1971.

SINKANKAS J. (1968) - Van Nostrand's Standard Catalog of Gems.

SOLESBURY F.W. (1967) - Gem Corundum pegmatites in N.E. Tanganyika.
Economic Geology, vol. 62, p. 983-991.

SOROKIN Ju. G., PEREGUDA A.I., BEREGOVENKO A.I. (1967) - Découverte "sensationnelle" de topaze en Volhyine.
Mineral. Sborn. SSSR, t. 21, n° 3, p. 312.

SUDHA PHYKAN (1971) - Inclusion in the panna diamonds of India.
The journal of Gemmology, vol. 12, n° 5, january 1971.

TAVERNIER (1676) - Six voyages, édition de 1712.

TOURAY J.C. et POIROT J.P. (1968) - Observations sur les inclusions fluides primaires de l'émeraude et leurs relations avec les inclusions solides.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 266, 22 janvier 1968.

TYLER Paul M. (1932) - Abrasive and industrial diamonds. Bureau of mines. Informations ciruclar, march 1932/ic 6562.

VITOLD de Golish (1963) - Splendeur et crépuscule des Maharajahs. Hachette.

VLASOV K. (1936) - Priroda, S.S.S.R. n° 8, genèse des émeraudes.

WELLS A.J. (1956) - Corundom form Ceylan. Geological magasine, jan-feb. 1956, vol. 93, n° 1.

WILSON J.F. et MARTIN H.J. (1964) - The geology of the Contry aroud Fort Victoria. Southern Rhodesia Geological Survey Bulletin, n° 58, Salisbury.

YOUNGMAN E.P. (1931) - Zircon. Bureau of mines, information circular, july 1931, i.c. 6465.

ZWAAN P.C. (1967) - Solide inclusions in Corundum and Almandine Garnet from Ceylan identified by X-Ray Powder Photographs. The journal of gemmology, july 1967, vol. 10, n° 7.

-o-

LEGENDES DES PHOTOS

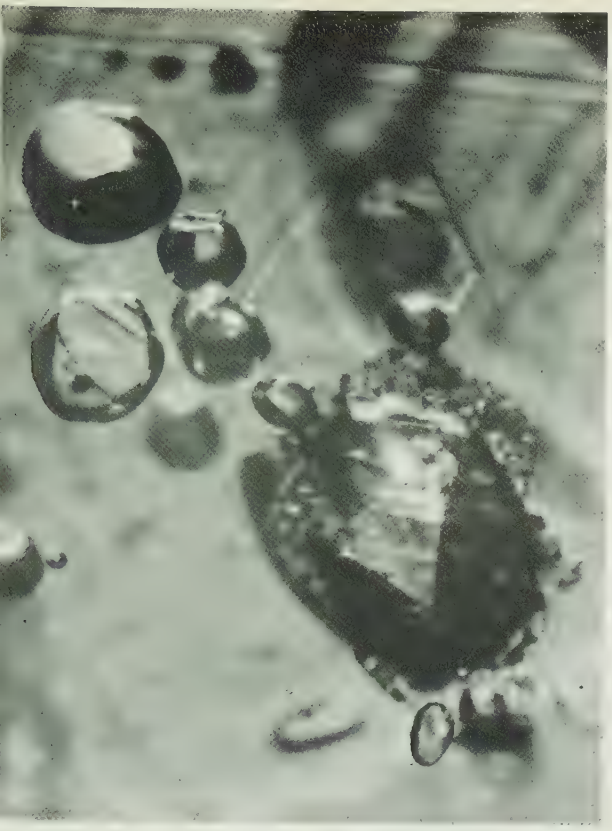
- Inclusions -

1 - Calcite dans rubis de Mogok
2 - Sphalérite dans rubis de Mogok
3 - Apatite et rutile dans saphir de Ceylan
4 - Albite et orthoclase dans aigue-marine du Brésil
5 - Quartz, biotite et spinelle dans almandin-pyrope de Madagascar
6 - Monazite et zircon dans almandin-pyrope de Madagascar
7 - Vermiculation contenant des sulfures de fer, nickel et cuivre dans péridot de Zebirget
8 - Fracture ouverte dans un saphir contenant de la chalcopyrite et des hydroxydes de fer

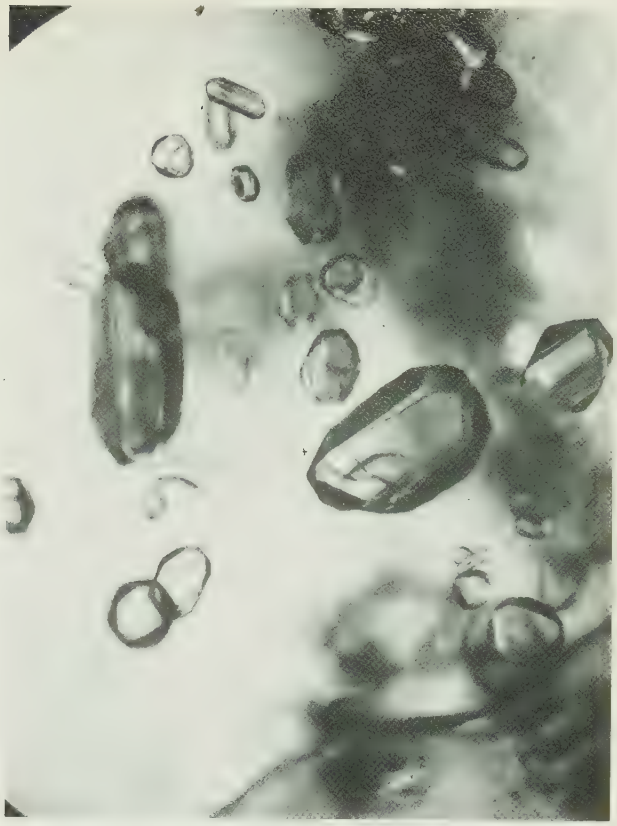
- Topographies -

9 et 10 - Topographies dans une émeraude naturelle (mine de Muzo)
11 et 13 - Topographies dans une émeraude artificielle (Laboratoire Chatam)
12 - Topographies dans une émeraude artificielle (Laboratoire Linde)
14 - Topographies dans une émeraude artificielle (Laboratoire Gilson)
15 - Topographie dans un saphir naturel (mine de Païlin)
16 - Topographie dans un saphir naturel (mine d'Anakie)
17 - Topographie dans un saphir artificiel (méthode Verneuil)
18 - Topographie dans un corindon artificiel (méthode hydrothermale)
19 - Topographie dans un rubis artificiel (méthode par tirage).

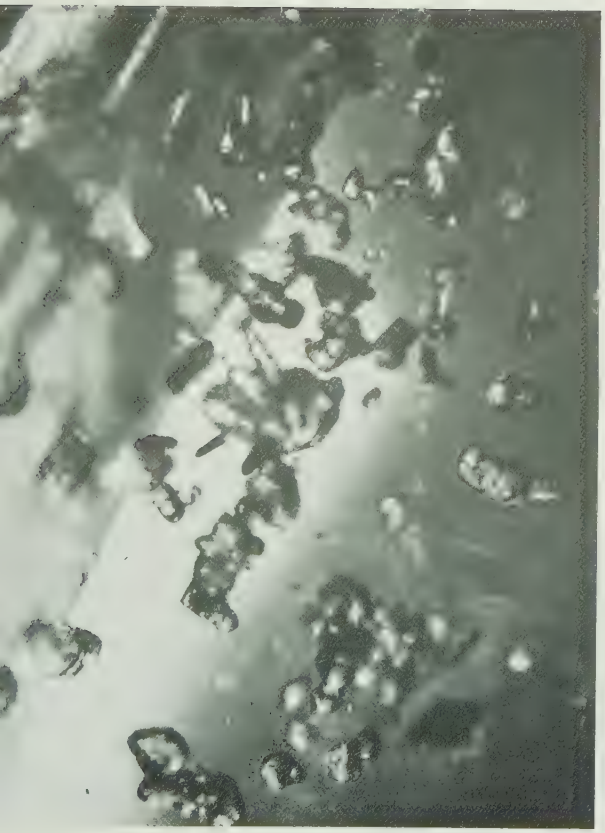
-o-



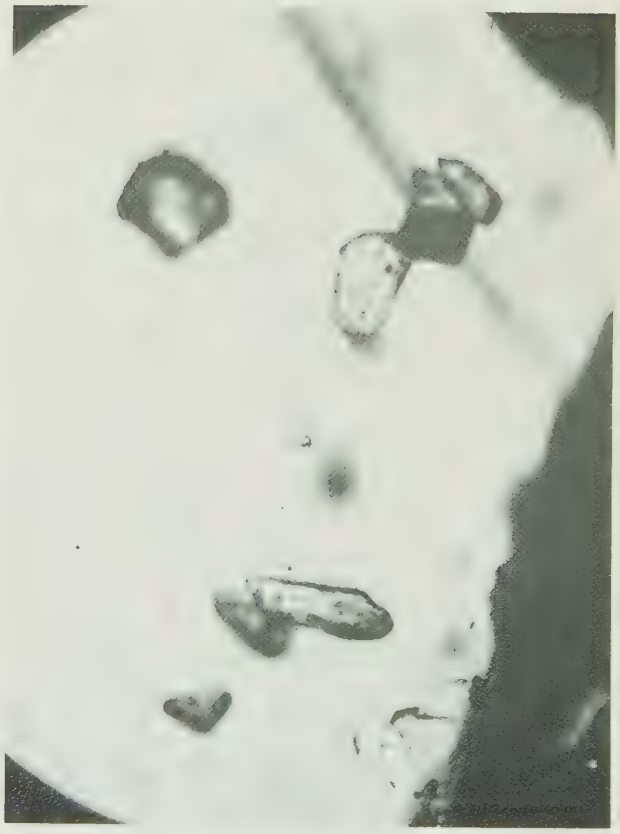
1



2



3



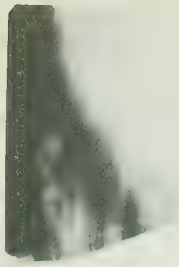
4

5

6

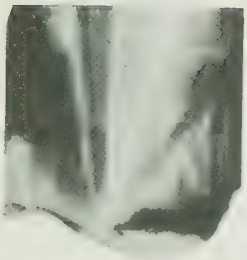
7

8

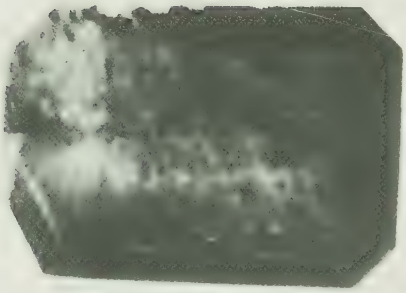


9

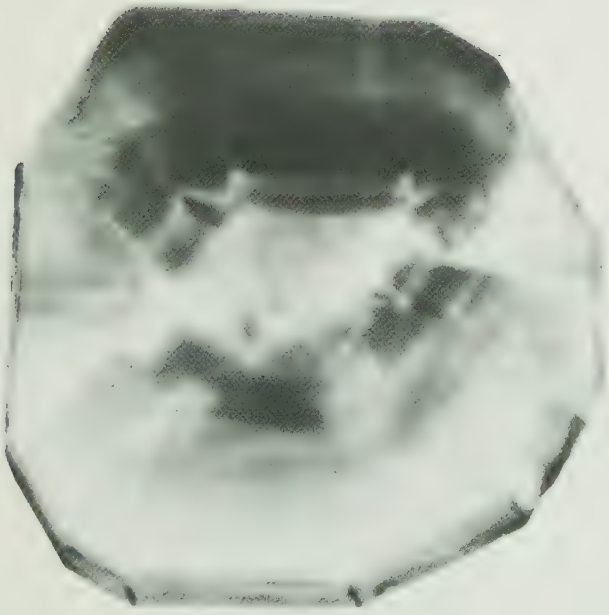
10



11



12

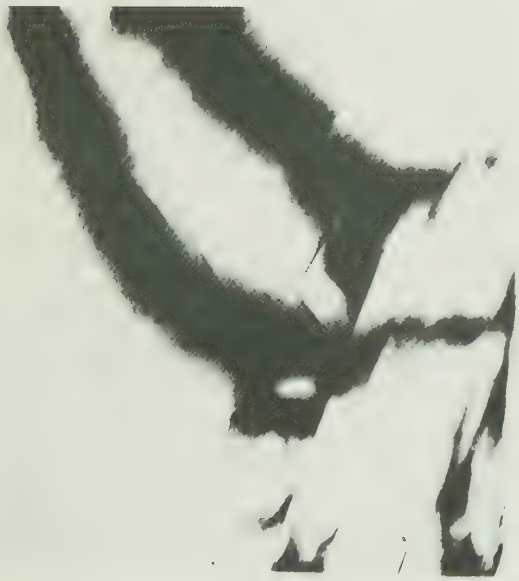


13

14

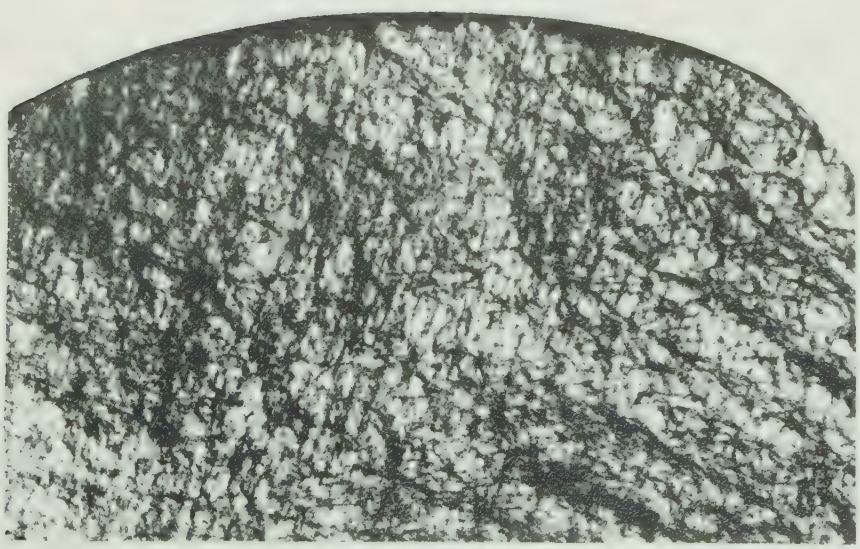
15

16



17

18



19

Académie de Paris

UNIVERSITE de PARIS VI
11, Quai Saint Bernard - Paris 5

SERVICE DE LA SCOLARITE
Bureau des Enseignements du 3e Cycle

tél. 336.25.25 et 325.12.21

PERMIS D'IMPRIMER

DOCTORAT : DOCTORAT D'UNIVERSITE

THESE DE : SCIENCES NATURELLES

NOM : Monsieur SCHUBNEL

Prénoms : Henri

né le 26/7 1935 à NICE Dépt : ALPES MARITIMES

1ère THESE : Contribution à l'étude des pierres précieuses et autres gemmes

2e THESE (Propositions faites par l'Université) :

PRESIDENT : M. WYART

EXAMINATEURS : M. CURIEN
M. AUTHIER

MEMBRES INVITES : M. GUILLEMIN
M. FONTALTABA

Vu et Approuvé

PARIS, le 16 mai 1972

Le Président

de l'Université de PARIS VI